



Sofia Lopes Santos

Licenciada em Engenharia Geológica

**Metodologia para a avaliação de locais potencialmente
contaminados em ambiente urbano**

Dissertação para obtenção do Grau de Mestre em
Engenharia Geológica

Orientadora: Prof.^a Dr.^a Maria da Graça Azevedo de Brito, FCT/UNL

Co-orientador: Prof. Dr. Paulo de Sá Caetano, FCT/UNL

Júri:

Presidente: Prof. Dr.^a Ana Paula Fernandes da Silva, FCT/UNL

Arguente: Mestre Cláudia Filipa Cabeleira Narciso Pinto, CML

Vogal: Prof. Dr.^a Maria da Graça Azevedo de Brito, FCT/UNL

Metodologia para a avaliação de locais potencialmente contaminados em ambiente urbano

Copyright © Sofia Lopes Santos, Faculdade de Ciências e Tecnologia, Universidade Nova de Lisboa.

A Faculdade de Ciências e Tecnologia e a Universidade Nova de Lisboa têm o direito, perpétuo e sem limites geográficos, de arquivar e publicar esta dissertação através de exemplares impressos reproduzidos em papel ou de forma digital, ou por qualquer outro meio conhecido ou que venha a ser inventado, e de a divulgar através de repositórios científicos e de admitir a sua cópia e distribuição com objetivos educacionais ou de investigação, não comerciais, desde que seja dado crédito ao autor e editor.

Agradecimentos

A realização desta dissertação não seria possível sem o apoio, incentivo e determinação de algumas pessoas, para as quais estarei eternamente grata. Gostaria de prestar os meus maiores agradecimentos:

À minha orientadora, a Doutora Graça Brito, pela excelente oportunidade que me proporcionou ao me aceitar orientar num tema que me deu a conhecer (na área de geoambiental) e pelo qual realmente me interessa. Pela sua enorme disponibilidade e apoio, muita paciência e maior boa disposição com a qual pude conviver mais nos últimos tempos, muito obrigada!

Ao meu coorientador, o Doutor Paulo Caetano, por todo o apoio que me deu durante a realização da dissertação, pela sua boa disposição, com a qual também convivi nos últimos tempos, e pela sua motivação constante.

Um agradecimento especial à Camara Municipal de Lisboa e a todos os envolvidos no projeto, que aceitaram a realização desta dissertação e forneceram os dados principais para a mesma.

À Faculdade de Ciências e Tecnologia da Universidade Nova de Lisboa que, através do centro de investigação GeoBioTec (Geobiociências, Geoengenharias e Geotecnologias), que facultou a realização de uma bolsa de iniciação à investigação.

Aos professores do departamento de ciências da Terra: Doutor José Carlos Kulberg, um professor sempre disponível e pronto a ajudar todos os alunos nas diversas áreas, ao coordenador de mestrado, Doutor José António Almeida, ao Doutor Martim Chichorro, à Doutora Ana Paula, ao Doutor Pedro Lamas, excelentes professores que me marcaram pelos melhores motivos e que, como todos os outros professores do departamento que não tenha referido, permitiram que chegasse até aqui.

Ao André Sanches, com o qual tive a oportunidade de trabalhar, e que é das pessoas mais engraçadas, competentes, inteligentes e multifacetadas que já conheci.

Ao Ricardo Manuel e ao João Brissos, que contribuíram sempre que necessitei para a realização deste trabalho, tanto a esclarecer dúvidas como a fornecer informação.

Ao Andrei Spiridon, um dos melhores amigos que fiz na FCT, aquele que mais contesta e discute tudo e mais alguma coisa, e de quem posso sempre discordar, que ajuda sempre que que é necessário, tira dúvidas, dá apoio e que participou ativamente nas noites de estudo e de festas. Por tudo isso, pelos cursos básicos de snooker e de matraquilhos, e sobretudo pela a grande amizade, muito obrigada.

Ao Pedro Costa, o primeiro colega que conheci e que, desde o primeiro dia, se tornou num dos melhores amigos que alguém pode ter, sempre disposto a escutar, apoiar e ajudar os outros, e com uma personalidade das mais engraçadas que já conheci. Um ser bastante inteligente, sempre pronto a ajudar e ao qual eu agradeço imenso a amizade e todos os momentos que passamos juntos na FCT, e fora desta.

Ao Ludger Amaro, a pessoa sem a qual eu teria muito mais dificuldade em terminar todas as etapas do curso, e que se disponibilizava sempre para ajudar e explicar tudo, independentemente de qualquer coisa, e com quem sei que posso sempre contar.

À Rita Victor, uma pessoa muito especial desde o primeiro dia que entrou na FCT. Por todas as discussões de séries, por todos os risos e lágrimas, histórias e segredos, por Borba e por tudo, muito obrigada.

Ao João Cruz e ao André Gonçalves, os dois seres que mais me aturaram nos últimos dois anos, com os quais aprendi muito e sem os quais eu não teria conseguido avançar ou recuar em imensas etapas da minha vida.

À Catarina Pereira, à Leonor Licciardello, à Patrícia Garcês e a todos os meus colegas e amigos que não mencionei e que tive a oportunidade de conhecer, tanto do departamento de ciências da terra, como de outros departamentos, ou faculdades, que permitiram que chegasse até aqui e que tornaram os últimos anos os melhores da vida académica.

Ao NuDança, no qual tive a oportunidade de crescer enquanto relações públicas e vice-presidente, e de conhecer muito boas pessoas e grandes amigos. A todos os elementos do núcleo, à Ana Quintino, à Olga Raquel, ao Diogo Freire e, em especial, ao Manel Gonçalves, que se demonstrou uma excelente pessoa e verdadeiro amigo, e ao Odair Silva, melhor dançarino que conheço e que se tornou um grande amigo, sempre pronto a ajudar.

Aos meus amigos de sempre, Ana Margarida Carregosa, Maria Carvalho, Rui Lousa. Mais ou menos presentes, mais ou menos longe, sem vocês, eu não chegaria até aqui.

Ao Alexandre Deodato, ao qual eu não sei como agradecer, por ser a base de tudo, o maior ajudante, confidente, companheiro, amigo, apoiante, e a pessoa mais especial e determinada a que tudo corra bem, e de quem gosto muito.

À minha família, em especial à minha mãe e ao meu irmão, por serem sempre, sempre, os únicos que estão presentes em todos e quaisquer momentos da minha vida.

Resumo

O presente trabalho tem por objetivo o desenvolvimento de uma metodologia para a identificação de locais potencialmente contaminados em meio urbano-industrial, numa fase preliminar de diagnóstico. Os resultados obtidos servirão de ferramenta de decisão ao ordenamento e planeamento do território no âmbito dos Planos Diretores Municipais, em particular no que respeita a condicionamentos e riscos de contaminação resultantes da ocupação antrópica, tal como referido no artigo 25º, do capítulo II, do PDM de Lisboa, relativo a medidas a adotar, em caso de necessidade de intervenção em áreas contaminadas.

A metodologia apresentada tem por base um modelo conceptual de risco que considera, como fontes potenciais de contaminação, os locais com registo de atividade económica (atual ou histórica), em que possam ter sido produzidos, manuseados ou armazenados resíduos potencialmente perigosos. Como trajeto ou recetor primário, é utilizado o meio geológico, classificado em classes de vulnerabilidade traduzidas pelo grau de permeabilidade aparente das formações litológicas. A metodologia engloba três etapas:

- 1ª etapa – corresponde à avaliação e categorização dos locais em classes de perigosidade, consoante a perigosidade dos resíduos potencialmente produzidos, estado de atividade do local, sustentabilidade em termos de licenciamento ambiental, área de implantação no terreno e à ocorrência de depósitos de resíduos enterrados;
- 2ª etapa – consiste na avaliação da vulnerabilidade das unidades litológicas, consoante a permeabilidade ou sensibilidade do meio geológico;
- 3ª etapa – referente à avaliação dos locais com risco potencial de contaminação, através do cruzamento, em ambiente SIG, do mapa de atividades económicas, fontes potenciais de contaminação classificadas em classes de perigosidade, com o mapa de vulnerabilidade dos terrenos.

Como resultado, obtém-se um mapa de risco de terrenos potencialmente contaminados, que servirá de base para a tomada de decisão quanto a eventuais medidas/ações a desenvolver, caso surja necessidade de intervencionar futuramente os terrenos.

A metodologia foi aplicada ao concelho de Lisboa e permitiu identificar quais os locais onde deverão ser necessárias medidas/ações complementares para a avaliação da contaminação dos terrenos e respetivas medidas de mitigação de risco.

Palavras-chave: solos urbano-industriais; planeamento urbano; contaminação; risco; investigação preliminar.

Abstract

The aim of this study is the development of a methodology for the identification of potentially contaminated sites in urban-industrial areas, in a preliminary phase of diagnosis. The results obtained will be used as a decision-making tool for urban spatial planning in particular to define the investigation methods to assess the contamination risks potentially resulted from anthropogenic occupation, as specified in 25th article, of II chapter, of the Municipal Regulation of Lisbon (PDML, 2011).

The methodology is based on a conceptual risk model which considers as potential sources of contamination the sites (where current or historical economic activity is recorded), where potentially hazardous waste may have been produced, handled or stored. The geological environment was considered as the primary route or receiver, classified in classes of vulnerability, translated by the degree of apparent permeability of the lithological formations. The methodology encompasses three stages:

- 1st stage - evaluation and categorization of locations in hazard classes, depending on the hazardousness of the potentially produced wastes, state of activity, of the site, sustainability in terms of environmental licensing, field deployment and the occurrence of buried waste deposits;
- 2nd stage - classification of lithological units into vulnerability classes, depending on the permeability or sensitivity of the environment;
- 3rd stage – the contamination risk map results of the integration, in GIS, of the potentially contaminated sites with a vulnerability of the geological environment map.

As a result, a risk map of potentially contaminated sites is created, which will serve as a basis for decision-making regarding actions to assess and mitigate the contaminated sites.

The methodology was applied to the municipality of Lisbon and allowed the categorization of the sites where complementary measures/actions should be necessary for the evaluation of the contamination and their respective mitigation measures.

Keywords: urban-industrial sites; urban planning; contamination; risk; preliminary investigation.

Índice geral

Agradecimentos.....	v
Resumo.....	vii
Abstract	ix
Índice geral.....	xi
Índice de figuras	xiii
Índice tabelas.....	xv
Lista de siglas e abreviaturas.....	xvii
Glossário de conceitos.....	xix
1 Introdução	1
1.1 Importância e objetivos do tema	1
1.2 Enquadramento legal da contaminação de solos na Europa e em Portugal	3
1.3 Organização da dissertação	5
2 Solos.....	7
2.1 Definição de solo.....	7
2.2 Contaminação de solos.....	8
2.3 Influência das características do meio geológico na contaminação	9
2.4 Atividades potencialmente contaminantes dos solos	10
3 Metodologia e fundamentos teóricos	13
3.1 Avaliação da contaminação de terrenos	13
3.1.1 Modelo conceptual de contaminação e de risco.....	13
3.2 Metodologia para a avaliação da contaminação de terrenos urbanos em fase preliminar de diagnóstico	15
3.2.1 Etapa 1 – Avaliação das atividades potencialmente contaminantes.....	17
3.2.2 Etapa 2 – Avaliação do risco potencial em meio urbano	23
3.3.3 Etapa 3 - Medidas de investigação a adotar para a avaliação do risco potencial do local	26

4	Caso de Estudo: Lisboa	31
4.1	Enquadramento Geográfico.....	31
4.2	Enquadramento Geológico	33
4.3	Dados de partida.....	38
4.4	Etapa 1 - Avaliação de locais potencialmente contaminados.....	40
4.4.1	Caracterização das atividades.....	40
4.4.2	Metodologia aplicada com os CAE.....	44
4.4.3	Resultados dos Índices de classificação das atividades.....	54
4.4.4	Resultados das Classes de Perigosidade (CP)	60
4.5	Etapa 2 - Estimação do Risco à contaminação.....	61
4.5.1	Estimação da vulnerabilidade do meio geológico	61
4.5.2	Estimação do Risco de contaminação dos terrenos	63
4.6	Etapa 3 - Medidas de investigação a adotar	69
5	Discussão de resultados e considerações finais.....	71
	Referências bibliográficas	77
	Anexos.....	83

Índice de figuras

Figura 2.1 – Ilustração do guia europeu para a classificação de resíduos.....	12
Figura 3.1 – Modelo genérico de contaminação e risco.....	14
Figura 3.2 – Tipo de fontes: pontual, local ou tópica à esquerda e difusa à direita.	14
Figura 3.3 – Modelo conceptual de contaminação de risco.	15
Figura 3.4 – Esquema simplificado da metodologia para avaliação do risco potencial de contaminação.....	17
Figura 3.5 – Medidas de investigação a adotar.	27
Figura 3.6 – Malha de amostragem proposta..	29
Figura 4.1 – Mapa com o limite de concelho de Lisboa e limites de freguesias.	32
Figura 4.2 – Carta geológica simplificada do concelho de Lisboa.....	34
Figura 4.3 – Litologia simplificada do concelho de Lisboa.	36
Figura 4.4 – Classes de permeabilidade atribuídas ao concelho de Lisboa.....	37
Figura 4.5 – Localização dos locais inventariados no concelho de Lisboa.....	39
Figura 4.6 – Tipologia das atividades em cada freguesia (concelho de Lisboa).....	40
Figura 4.7 - Densidade de atividades económicas por freguesia.....	42
<i>Figura 4.8 – Tipologia das atividades económicas inventariadas por freguesia.</i>	<i>43</i>
Figura 4.9 – Categorias de atividade CAE. Ficheiro “outras indústrias potencialmente contaminantes”.....	47
Figura 4.10 – Subcategorias da atividade Comércio por grosso e a retalho e reparação de veículos automóveis e motociclos. Ficheiro “outras indústrias potencialmente contaminantes”.....	48
Figura 4.11 – Atividades CAE de indústrias transformadoras. Ficheiro “outras indústrias potencialmente contaminantes”.....	49
Figura 4.12 – CAE vs resíduos perigosos potencialmente produzidos. Ficheiro “outras indústrias potencialmente contaminantes”.....	50
Figura 4.13 – CAE da indústria transformadora (IT) vs. % resíduos perigosos potencialmente produzidos. Fonte “outras indústrias potencialmente contaminantes”.....	50

Figura 4.14 – Distribuição de locais por índice do ficheiro “outras indústrias potencialmente contaminantes” e do ficheiro “antigos depósitos”.....	53
Figura 4.15 – Classes de Perigosidade (CP). Ficheiro “outras indústrias potencialmente contaminantes”.....	54
Figura 4.16 – Localização das indústrias classificadas pelo Índice de PP (concelho de Lisboa).	55
Figura 4.17 – Localização das atividades consoante o índice LA (concelho de Lisboa).	56
Figura 4.18 – Localização das atividades consoante o índice A, no concelho de Lisboa (buffer 25m).	57
Figura 4.19 – Localização das atividades consoante o índice A (concelho de Lisboa).	58
Figura 4.20 – Localização das atividades consoante o índice de depósitos de líquidos inflamáveis (concelho de Lisboa).	59
Figura 4.21 – Localização das AE classificadas em Classes de Perigosidade potencial (concelho de Lisboa).	60
Figura 4.22 – Vulnerabilidade do meio e perigosidade das atividades.	63
Figura 4.23 – Mapa de risco potencial resultante da análise dos dados anteriores.	64
Figura 4.24 – Mapa de Classes de Risco no concelho de Lisboa.	65
Figura 4.25 – Classes de risco por freguesia e vulnerabilidade do meio geológico.	67
Figura 5.1 – Classes de risco e vulnerabilidade do meio. Exemplo de casos particulares.	73

Índice tabelas

Tabela 3.1 – Proporção de resíduos perigosos produzidos pelas AE.	18
Tabela 3.2 – Classes de PP com base na proporção de resíduos perigosos, segundo a LER.	18
Tabela 3.3 – Parâmetros complementares para a avaliação das fontes de contaminação.	20
Tabela 3.4 – Risco devido à exposição de uma fonte de contaminação. Vermelho – risco elevado; amarelo – risco moderado; verde – risco reduzido.	25
Tabela 4.1 – Freguesias no concelho de Lisboa.	32
Tabela 4.2 – Unidades geológicas e lito-estratigrafia correspondente.	35
Tabela 4.3 – Classes de suscetibilidade do meio geológico.	37
Tabela 4.4 – Ficheiros de dados disponibilizados pela CML.	39
Tabela 4.5 – Caracterização das indústrias do ficheiro “outras indústrias potencialmente contaminadas”.	40
Tabela 4.6 – Número de AE e respetivas áreas de ocupação, por freguesia.	41
Tabela 4.7 – Documentos com informação para a avaliação da perigosidade dos locais inventariados.	45
Tabela 4.8 – Exemplo da alteração dos CAE da CML para a atividade e revisão aplicadas.	46
Tabela 4.9 – Índice de PP. Ficheiro “outras indústrias potencialmente contaminantes”.	51
Tabela 4.10 – Parâmetros de avaliação complementares. Ficheiro “outras indústrias potencialmente contaminantes”.	52
Tabela 4.11 – Classes de vulnerabilidade atribuídas à permeabilidade do meio, segundo Costa et al, 2007a e 2007b.	62
Tabela 4.12 – Área ocupada pelas indústrias para cada índice de risco.	64
Tabela 4.13 – Área ocupada pelas diferentes classes de risco.	66
Tabela 5.1 – Índices de Risco aplicados aos casos 2 e 3.	74

Lista de siglas e abreviaturas

A – Índice de área

AE – Atividade económica

AEA - Agência Europeia do Ambiente

APA - Agência Portuguesa do Ambiente

CAE – Código de Atividade Económica

CE - Comissão Europeia

CML – Câmara Municipal de Lisboa

CP – Classes de Perigosidade

Dp – Índice de depósitos inflamáveis

DRA - Diploma de Responsabilidade Ambiental

EA – Índice de estado de atividade

ETAR's – Estações de tratamento de águas residuais

EWG - *European Waste Classification*

FAO - *Food and Agriculture Organization of the United Nations*

IED - Diretiva de emissões industriais

LA – Índice de licença ambiental

LER – Lista Europeia de Resíduos

LNEC – Laboratório Nacional de Engenharia Civil

NACE - Nomenclatura Estatística das Atividades Económicas

NC – Não classificado

PNAAS - Plano Nacional de Acção Ambiente e Saúde

PP – Perigo Potencial

redox – Reação oxidação redução

RMUEL – regulamento municipal de urbanização e edificação de Lisboa

RSU – Resíduos sólidos urbanos

SIG – Sistema de informação geográfica

UE - União Europeia

VR – Valores de referência

Glossário de conceitos

Perigo – Processo ou ação natural, tecnológica ou mista suscetível de produzir perdas e danos identificados. (ANCP, 2009)

Perigosidade – Probabilidade de ocorrência de um processo ou ação (natural, tecnológica ou mis) com potencial destruidor (ou para provocar danos) com uma determinada severidade, numa dada área e num dado período de tempo. (ANCP, 2009)

Risco – Probabilidade da ocorrência de um processo (ou ação) perigoso e respetiva estimativa das suas consequências sobre pessoas, bens ou ambiente, expressas em danos corporais e/ou prejuízos materiais e funcionais, diretos ou indiretos. (ANCP, 2009)

Suscetibilidade – incidência espacial do perigo. Representa a propensão para uma área ser afetada por um determinado perigo, em tempo indeterminado, sendo avaliada através dos fatores de predisposição para a ocorrência dos processos ou ações, não contemplando o seu período de retorno ou a probabilidade de ocorrência. (ANCP, 2009)

Vulnerabilidade – Grau de perda de um elemento ou conjunto de elementos expostos, em resultado da ocorrência de um processo (ou ação) natural, tecnológico ou misto de determinada severidade. (ANCP, 2009)

1 Introdução

1.1 Importância e objetivos do tema

Segundo a comissão das comunidades europeias, no documento da estratégia temática de proteção do solo, só na Europa, o número de sítios contaminados oscila entre 300 000 e 1,5 milhões, sendo que as estimativas foram realizadas com diferentes abordagens em termos de risco aceitável, objetivos de proteção e parâmetros de exposição. De todos estes locais, cerca de 15% foram alvo de remediação, pelo que foram estimados pela AEA (*Agência Europeia do Ambiente*), custos totais de descontaminação de locais contaminados que se encontram entre 59 e 109 mil milhões de euros.

Em Portugal ainda não existe uma inventariação rigorosa do estado de contaminação dos solos e das águas, ainda que estejam identificados como prioritários, no âmbito do Plano Nacional de Ação, Ambiente e Saúde (PNAAS), alguns locais com sérios problemas de contaminação do solo, sendo estes: os Parques empresariais de Estarreja e Barreiro; os terrenos da ex-Siderurgia Nacional do Seixal; em Almada o estaleiro Naval da Margueira, também o Parque das Nações, bacias de lamas do aterro de Santo André, em Sines e áreas mineiras abandonadas (Costa et al, 2015). Os casos referidos reportam algumas das atuais situações de locais com risco associado à contaminação do solo por atividades industriais, muitas delas localizadas na periferia dos grandes centros urbanos não existindo ainda, a nível nacional, um levantamento sistemático e uniformizado das situações de degradação do solo decorrente destas atividades.

Vários são os estudos desenvolvidos dentro desta temática para a avaliação do estado dos solos em meio urbano, numa fase preliminar de diagnóstico, destacando-se:

- no Brasil, em 2015, o estudo realizado para a cidade Juiz de Fora, no estado de Minas Gerais, relativo ao inventário de áreas potencialmente contaminadas. Consideraram-se, como áreas potencialmente contaminadas, todas as áreas onde estão ou foram desenvolvidas atividades potencialmente contaminantes (divididas em 10 ramos de atividades industriais e comerciais), as quais foram inventariadas consoante o seu histórico, processos produtivos, presença de substâncias com potencial de contaminação e histórico de ocorrências e acidentes. As atividades potencialmente contaminantes analisadas foram distribuídas em 9 tipologias e posteriormente localizadas através do ArcGis (Gazolla *et al*, 2015);

- nos estados unidos, no estado de Connecticut, foram inventariados, como locais potencialmente contaminantes os seguintes locais: as instalações com potenciais resíduos perigosos, os locais considerados pelo DEEP (*Department of Energy & Environmental Protection*) com potencial de perigo para o ambiente e saúde pública e também os locais onde exista registo da ocorrência de tanques de armazenamento subterrâneo (DEEP, 2007);
- na Índia, em 2012, foi realizado pelo Ministério do Ambiente e Florestas um inventário de locais potencialmente contaminados e desenvolvidas abordagens para a identificação e avaliação da contaminação no local, incluindo metodologias para a inspeção de campo. Foi desenvolvida uma base de dados em SIG que incluiu a identificação dos locais potencialmente contaminados, análises de solos quando existentes, e a priorização dos locais de acordo com o risco para a saúde humana e ambiente (SG&CLEAN, 2014);
- na Dinamarca, no âmbito da Lei de Proteção da Poluição do Solo (*InforMEA*, 2001) foi elaborada uma base de dados para a priorização dos locais potencialmente contaminados, para dois níveis de conhecimento: o primeiro consiste no levantamento das atividades potencialmente contaminantes, o segundo, classifica os locais consoante o conhecimento do estado de contaminação do solo/águas subterrâneas (DGA; SG&CLEAN, 2014);
- no concelho do Seixal, em 2001 (Costa *et al*, 2001), foi realizado um estudo que apresenta critérios chave a considerar para uma avaliação da perigosidade potencial de locais apenas com base em informação sobre o histórico e tipo de atividade desenvolvida no local. De um conjunto de cerca de 380 locais inventariados no concelho, selecionaram-se cerca de uma dezena, como sendo prioritários para avaliação, dos quais são de referir: os terrenos da antiga SPEL (*Sociedade Portuguesa de Explosivos*), antigos areeiros onde terá ocorrido uma deposição ilegal de hidrocarbonetos, os terrenos da Ex Siderurgia Nacional, vários locais de indústria naval, vazadouros clandestinos de resíduos e depósitos de sucata.

Na presente dissertação apresenta-se uma metodologia em ambiente de sistema de informação geográfica (SIG), para a identificação de locais potencialmente contaminados em meio urbano-industrial, numa fase preliminar de diagnóstico. Os resultados obtidos servirão de ferramenta de decisão ao ordenamento e planeamento do território no âmbito dos Planos Diretores Municipais, em particular no que respeita a condicionamentos e riscos de ocupação antrópica, tal como referido no artigo 25º, do capítulo II, do PDM de Lisboa, relativo a medidas a adotar, em caso de necessidade de intervenção em áreas contaminadas.

Para a avaliação dos locais potencialmente contaminados numa fase que antecede os estudos de avaliação do estado ambiental dos terrenos, a metodologia baseia-se em informação sobre a tipologia das atividades desenvolvidas no local, com vista a inferir sobre a perigosidade dos potenciais resíduos produzidos pela atividade, segundo a Lista Europeia de Resíduos (Decisão 2014/955/UE, da Comissão, de 18 de Dezembro).

O trabalho desenvolvido pretende contribuir para o planeamento e ordenamento do território em meio urbano através da obtenção de uma carta de risco potencial de contaminação do solo, que resulta de informação sobre o estado de qualidade ambiental do substrato, numa fase prévia de licenciamento de obra.

1.2 Enquadramento legal da contaminação de solos na Europa e em Portugal

A Comissão Europeia adotou, em Setembro do ano de 2006, uma Estratégia de proteção do solo que pretende que este seja utilizado de forma sustentável, prevenindo-se a sua degradação, uma maior preservação das suas funções e uma maior reabilitação dos solos degradados.

O 7º Programa Geral de ação da UE sobre o ambiente, referente à qualidade do solo, sugere um quadro legislativo vinculativo que assegure, até 2020, a sustentabilidade do território europeu e a adoção de medidas de proteção do solo e medidas de remediação de solos/locais contaminados.

Neste contexto, os esforços desenvolvidos a nível nacional têm sido vários, entre os quais se referem o Diploma da Responsabilidade Ambiental (Decreto-Lei n.º 147/2008, de 29 de Julho), que introduz o princípio do poluidor-pagador, remetendo para o operador a responsabilidade dos danos causados ao solo e, na sequência deste diploma, o Guia para a Avaliação Iminente e Dano Ambiental publicado pela Agência Portuguesa do Ambiente (2011), como ferramenta de apoio ao processo de avaliação do risco da contaminação e seleção de medidas de remediação.

O Projeto legislativo nacional para a Prevenção da Contaminação e Remediação dos Solos (projeto ProSolos), segue as orientações das diretivas europeias em matéria de proteção do solo. Integra as vertentes da avaliação da qualidade do solo, da reparação do dano e da responsabilidade pela afetação, concretizando assim a estratégia nacional específica para a proteção, recuperação e uso sustentável do solo. Este documento identifica os elementos a incluir nas várias fases do processo de Avaliação do Risco de Contaminação do Solo e inclui a obrigatoriedade de um Certificado de Qualidade dos Solos, em casos de transação de terrenos e/ou alteração do seu uso. A integração dos Certificados de Qualidade em Planos Municipais de Ordenamento do Território (Planos Diretores Municipais, Planos de Urbanização ou Planos de Pormenor), irá permitir precaver eventuais riscos para a saúde associados à reabilitação destas áreas.

Os Planos Diretores Municipais seguem a Lei de bases da política de ambiente, nomeadamente os artigos 30º, 31º e 32º referentes, aos estudos de impacte ambiental, ao conteúdo do estudo de impacte ambiental e ao equilíbrio de componentes ambientais, respetivamente. Assim, alguns PDM preveem a solicitação de estudos de investigação da qualidade dos terrenos (solos e águas subterrâneas) e análises químicas às entidades intervenientes, para determinar as concentrações das substâncias presentes nos solos e na água, e caso exista alguma situação de risco, é necessária a elaboração de um plano de descontaminação dos solos, como é o caso do previstos no artigo 19º do concelho do Seixal (PDM do Seixal, 2018). São ainda solicitados estudos de impacte ambiental para todos os planos e projetos que se pretendam instalar nos concelhos do Porto (*vide* Título IV do capítulo I do PDM do Porto, 2006) ou no concelho de Sines (*vide* Capítulo VII artigo 112ª, do PDM de Sines, 2010).

O licenciamento de obra no concelho de Lisboa tem por base o regulamento do Plano Diretor Municipal de Lisboa (PDML, 2011). Assim, a solicitação de um pedido de licenciamento para a realização de obra em meio urbano, deverá seguir o disposto no Plano Diretor Municipal do concelho de Lisboa, nomeadamente o artigo 25º, relativo a descontaminação de solos, que tem em conta a avaliação da perigosidade das atividades poluentes pré-existentes e/ou de indícios de contaminação.

O regulamento municipal de urbanização e edificação de Lisboa (RMUEL, 2013) apresenta, no seu 103º artigo, especificações para a realização de estudos geológicos/geotécnicos e hidrogeológicos a considerar em caso de projetos/obra que impliquem intervenção do subsolo, nomeadamente:

- todos os projetos de loteamento ou edificação devem contemplar aspetos geológicos, hidrogeológicos e geotécnicos do local/área envolvente;
- em zonas sensíveis, do ponto de vista geológico e geotécnico, deve ser apresentada análise geológica baseada em reconhecimento geotécnico específico;
- caso se pretenda a execução de caves ou alteração da morfologia do terreno de implantação, devem ser referidas a exequibilidade e a implicação ambiental;
- se as operações urbanísticas introduzirem alterações no subsolo, e se localizarem a menos de 40 m a contar do limite dos cemitérios, devem ser precedidas de estudo hidrogeológico de modo a adotar soluções técnicas compatíveis com as exigências do solo cemiterial;
- a avaliação das condições de percolação de água subterrânea e das propriedades exibidas pelas formações geológicas onde esta circula.

A gestão dos solos enquanto resíduos deverá seguir a Decisão 2014/955/UE, da Comissão, de 18 de Dezembro, relativa à lista Lista Europeia de Resíduos (LER, 2014), e o Regime Geral de Gestão de Resíduos (RGGR) (Decreto-Lei n.º 73/2011, de 17 de Junho), substituído pelo anexo do Regulamento (EU) n.º 1357/2014, de 18 de Dezembro.

A deposição dos resíduos em aterro de resíduos segue os pressupostos constantes no Decreto-Lei n.º 183/2009, que determina o regime de deposição de resíduos em aterro.

Em Portugal existem diversas unidades de gestão de resíduos perigosos, sendo de salientar dois centros integrados de recuperação, valorização e eliminação de resíduos perigosos (CIRVER), localizadas no concelho da Chamusca. Estas unidades são também licenciadas para operações de tratamento dos solos contaminados e valorização de resíduos.

1.3 Organização da dissertação

A presente dissertação apresenta uma metodologia para a avaliação de locais potencialmente contaminados em meio urbano, numa fase preliminar de diagnóstico. Está organizada em cinco capítulos dos quais, os primeiros 3 correspondem a fundamentos teóricos e metodologia proposta e no quarto capítulo apresenta-se a aplicação prática da metodologia adotada.

Assim, o primeiro capítulo corresponde a uma breve introdução sobre a importância do tema e um resumo sobre o enquadramento legislativo do mesmo.

O segundo capítulo faz uma introdução ao tema “Solos”, onde apresenta algumas definições, um subcapítulo de contaminação de solos e da influência das características do meio geológico na contaminação e ainda atividades consideradas “potencialmente contaminantes”, com alguns exemplos de atividades e respetivos contaminantes típicos e/ou prováveis.

O capítulo 3 refere-se à metodologia elaborada para a avaliação da contaminação potencial dos solos urbano-industriais, que apresenta o modelo concetual de risco, as fases de investigação para a avaliação da contaminação de terrenos, a metodologia a aplicar em fase preliminar de diagnóstico e respetivos parâmetros de avaliação da contaminação potencial.

No quarto capítulo é apresentado o caso de estudo, no qual se aplica a metodologia ao concelho de Lisboa, e se apresentam os resultados obtidos.

O capítulo 5 contém a discussão de resultados do trabalho realizado e considerações finais.

Por fim, são apresentadas as referências bibliográficas, seguidas dos anexos necessários à realização desta dissertação, que incluem um exemplo dos dados trabalhados e uma lista de resíduos atribuídos a cada atividade (seguindo a lista europeia de resíduos).

2.1 Definição de solo

Segundo a AEA (*Agência Europeia do Ambiente*), o solo é a fonte de toda a produção de alimentos, rações, fibras, combustíveis e matérias-primas utilizadas desde a construção até à horticultura. É também essencial para a saúde do ecossistema. No entanto, o solo pode ser considerado um recurso não renovável ao longo do tempo de duração da vida humana devido à dificuldade de regeneração do mesmo num curto espaço de tempo.

O conceito de solo pode ser descrito de formas distintas, consoante a natureza da atividade a que se destina (agronómica, geológica ou geotécnica), pelo que a sua descrição é complexa e por vezes de difícil caracterização.

Para um agrónomo, o solo trata-se de “ ... um corpo natural, diferenciado em horizontes, com constituintes minerais e orgânicos, normalmente não consolidados, com espessura variável e que difere do material, que o originou subjacentemente, pela morfologia, propriedades e constituição física, química e biológica ... ” (Arendt *et al*, 1993) .

Para um engenheiro, o conceito de solo refere-se a um material orgânico ou inorgânico que se sobrepõe ao maciço rochoso e que, segundo a especificação do Laboratório Nacional de Engenharia Civil E-219 (LNEC, 1968b), “é todo um conjunto natural de partículas que podem ser separadas por agitação em água” (nas partículas, inclui-se normalmente a água e o ar).

A FAO (*Food and Agriculture Organization of de United Nations*) descreve o solo como “...todo o material sólido até 2 metros de profundidade em contacto com a atmosfera, com exceção dos organismos vivos e áreas desérticas de gelo à superfície...”. Assim, considera como solo os afloramentos rochosos, os solos em cavernas e subaquáticos e os solos que tenha uma utilização pré-definida como, por exemplo, utilização industrial.

O termo “solo antrópico” é atribuído a “... solos significativamente modificados pelo uso intenso e continuado do homem (para a construção, exploração, agricultura), não naturais, heterogéneos e que formam uma grande parte do subsolo das grandes cidades, sob formas de aterros, demolições, entre outros ...”, (Pedron *et al.*, 2004).

No contexto do ordenamento do território, a classificação de solos, considerando o destino do mesmo, caracteriza-se pela distinção entre dois tipos de solos: solo rural e solo urbano. Estas definições são estabelecidas pelo decreto regulamentar n.º 11/2009, de 29 de maio:

- solo rural – “... solo que se destina ao aproveitamento agrícola, pecuário e florestal ou de recursos geológicos, a espaços naturais de proteção ou lazer ou a outros tipos de ocupação humana que não lhe confirmem o estatuto de solo urbano (...) A classificação visa proteger o solo como recurso natural escasso e não renovável, salvaguardar as áreas afetas a usos agrícolas e florestais, à exploração de recursos geológicos ou à conservação da natureza e da biodiversidade e enquadrar adequadamente outras ocupações e usos incompatíveis com a integração em espaço urbano ou que não confirmem estatuto de solo urbano” (Capítulo II, 4º e 5º artigos, DR 11/2009);
- solos urbanos – “...solo que se destina a urbanização e a edificação urbana (...) e que visa a sustentabilidade, a valorização e o pleno aproveitamento das áreas urbanas, no respeito pelos imperativos de economia do solo e dos demais recursos territoriais. São também os terrenos urbanizados e aqueles cuja ocupação seja possível de programar, incluindo os solos afetos à estrutura ecológica, necessários ao equilíbrio do espaço urbano...” (Capítulo II, 4º e 5º artigos, DR 11/2009).

No contexto do presente estudo é adotado o conceito de “solo urbano”, para os solos em meio urbano e industrial, não naturais e modificados pelo uso antrópico.

2.2 Contaminação de solos

O solo encontra-se sujeito a crescentes pressões, entre as quais se destacam: a perda de matéria orgânica; a erosão, a salinização e a desertificação; a impermeabilização e a compactação; a instabilização geomecânica e biofísica (deslizamentos de terras, etc.) e a contaminação química, esta última a de maior relevância nos países industrializados, não só pelo risco de afetação da saúde humana, como também pela perda da biodiversidade e impactes ao nível dos recursos naturais.

Por contaminação do solo entende-se a ocorrência de substâncias químicas ou biológicas, de origem antropogénica, acima de uma determinada concentração, que provoque a deterioração do solo ou a perda de uma ou mais das suas funções. A contaminação do solo também pode ser entendida como a adição de compostos químicos ou outra alteração das características naturais do solo (JRC, 2014).

Segundo o Guia de Responsabilidade Ambiental, por danos causados ao solo entende-se qualquer contaminação significativa para a saúde humana devido à introdução, direta ou indireta, no solo ou à superfície, de substâncias, preparações, organismos e micro-organismos (Decreto-Lei n.º147/2008, Artigo 11º).

Um local contaminado tem-se como sendo um local onde esteja comprovada a ocorrência de substâncias de origem antropogénica, química e ou biológica, em concentrações que excedem os valores de referência e que constituem um risco para a saúde humana e o ambiente.

Por local potencialmente contaminado entende-se um local onde tenham sido produzidos, manuseados ou armazenados resíduos ou substâncias potencialmente contaminantes, de origem antropogénica, química ou biológica, sem que tenha sido ainda comprovada a sua ocorrência.

2.3 Influência das características do meio geológico na contaminação

A formação do solo começa a partir da rocha-mãe, através das modificações físicas e químicas desta, por ação dos agentes atmosféricos como chuva, vento, variação de temperatura, entre outras, como já foi aclarado. Da ação destes agentes resultam muitos materiais diferentes: fragmentos de rocha original, minerais primários e secundários.

Os materiais secundários são os responsáveis pela fixação dos elementos químicos, o que significa que a estrutura e tipologia dos materiais rochosos afetam a distribuição de contaminantes no solo. Fatores como a constituição mineralógica, a granulometria, a permeabilidade, o conteúdo argiloso, o pH, a química e microbiologia do meio influenciam bastante a dispersão, mobilidade, toxicidade e disponibilidade dos poluentes.

Alguns dos processos que influenciam o transporte de contaminantes no meio são (Costa, 2007; Costa *et al*, 2015):

- a alteração química das rochas e minerais;
- os processos de sorção de metais por minerais ou partículas orgânicas;
- as reações de oxi-redução (reações *redox*);
- a precipitação química de minerais;
- as reações químicas ácido/base;
- a formação de complexos metálicos aquosos;
- a volatilização dos gases;
- decaimento de radionuclídeos;
- as características de partição dos metais em água;
- a miscibilidade ou imiscibilidade de óleos ou outros fluidos orgânicos.

O meio aquoso também influencia o transporte de contaminantes, pois é regulado por processos físicos de advecção, dispersão e difusão que dependem da permeabilidade e anisotropia do substrato rochoso, das características do fluxo de água, das reações geoquímicas e bioquímicas com o meio e da retardação (mobilidade do contaminante em relação à água).

Dependendo das características de transporte e dispersão dos contaminantes no meio, poderá ocorrer a transferência do contaminante do solo para a água e/ou a atenuação da concentração no meio através da diluição.

Uma vez que o solo possui uma capacidade de autodepuração, pode atenuar os efeitos negativos decorrentes da contaminação, pois funciona por processos de adsorção e tampão e de intensa atividade biótica fornecendo, desta forma, uma ação protetora de outros compartimentos ambientais. Contudo, a acumulação excessiva de contaminantes conduz à saturação dos limites da autodepuração, o que pode tornar o dano irreversível (ProSolos, 2015).

O conhecimento das características do meio geológico é um importante passo para a avaliação da contaminação nos locais onde esta possa/esteja a ocorrer, uma vez que este é a base de transporte e da mobilidade e dos contaminantes no solo.

2.4 Atividades potencialmente contaminantes dos solos

A crescente urbanização leva a um aumento do número de atividades potencialmente contaminantes, sendo necessário o controlo e prevenção da poluição proveniente das mesmas, e a limitação de emissão de alguns poluentes por via aérea.

Consideram-se como atividades potencialmente contaminantes do solo e das águas subterrâneas aquelas que envolvem o armazenamento, manuseamento ou produção de substâncias ou misturas, cujas características físico-químicas, biológicas e toxicológicas possam ocasionar danos aos bens a proteger. Incluem-se nesta categoria outras situações relacionadas com locais de abandono ou de deposição não controlada de resíduos ou locais onde tenham ocorrido acidentes, com evidências de contaminação do solo, envolvendo substâncias, misturas ou resíduos perigosos. Consideram-se também, como atividades potencialmente contaminantes, atividades comerciais que manipulam substâncias tóxicas ou inflamáveis, tais como os derivados de petróleo e determinados produtos químicos.

O anexo II da Proposta de Diretiva-Quadro do Solo (Estratégia temática de proteção do solo - COM (2006) 231), estabelece um quadro comum europeu para a proteção do solo, enumeram as seguintes atividades potencialmente contaminantes:

- estabelecimentos que contanhm substâncias perigosas conforme o Anexo I do Decreto-lei n.º 254/2007, de 12 de Julho, transpõe para o direito interno a Diretiva 2003/105/CE (Seveso II);
- atividades enumeradas no Anexo I do Decreto-Lei n.º 127/2013, de 30 de agosto, regime de emissões industriais, que transpõe a Diretiva n.º 2010/75/EU que revogou a Diretiva PCIP (2009/31/CE);

- instalações de gestão de resíduos das explorações de depósitos minerais e de massas minerais, de acordo com o Decreto-Lei n.º 10/2010, de 4 de fevereiro, que transpõe a Diretiva n.º 2006/21/CE;
- aterros de resíduos, de acordo com o Decreto-Lei n.º 183/2009, de 10 de agosto (Diretiva 1999/31/CE);
- estações de tratamento de águas residuais (ETAR);
- condutas para o transporte de substâncias perigosas;
- aeroportos e Portos;
- antigas instalações militares;
- estações de abastecimento de combustível;
- estabelecimentos de limpeza a seco;
- instalações mineiras não abrangidas pela Diretiva Seveso II.

No entanto nem todas as atividades industriais podem ser consideradas como potencialmente contaminantes, havendo necessidade de serem identificados os processos produtivos empregues, as matérias-primas utilizadas assim como os produtos e resíduos gerados, de forma a definir quais os ramos industriais que podem ser enquadrados como fontes potenciais de contaminação.

Para a avaliação do potencial de contaminação de uma determinada atividade económica utiliza-se o Guia Europeu para a Classificação de Resíduos (Eurostat, 2010), que permite atribuir a cada atividade económica, a tipologia dos resíduos potencialmente produzidos, através de um código da Lista Europeia de Resíduos (código LER), sendo possível classificar os resíduos como perigosos ou não perigosos, consoante as condições em que se encontram (LER, 2014).

Na figura seguinte apresenta-se, a título ilustrativo, a correlação entre a nomenclatura estatística das atividades económicas (NACE) (*vide* coluna “source branches, nomenclature of NACE is non bold”) com os códigos da LER (*vide* códigos de 6 dígitos em “extract regulation (EC) 2150/2002 ANNEX III: Table of equivalence”).

Discarded vehicles (Items 27 and 28)

Code	Description,	Definition	Includes	Source branches (nomenclature of LoW is bold , NACE is non- bold)	Excludes
08.1	Discarded vehicles Hazardous, non-hazardous	Kind of waste: All kinds of end-of-life-vehicles Origin: Business and households Hazardous: Hazardous when containing dangerous substances, e.g. cooling liquids, engine oil or fuel, chlorofluorocarbons from air condition		In general separate collection in accordance with EU-Directive End-of-life-vehicles. In detail: <ul style="list-style-type: none"> • End-of-life vehicles from different means of transport and dismantling of end-of-life vehicles (38.3 Materials recovery; 45.20 Maintenance and repair of motor vehicles; 45.4 Sale, maintenance and repair of motorcycles and related parts and accessories) • Separately collected fractions (38.1 Waste collection) 	Discarded components of end-of-life-vehicles -> see cat. 08 Batteries and accumulator wastes -> see cat. 08.41 PCB containing components, e.g. capacitors -> see cat. 07.7 Used tyres -> see cat. 07.3

Extract Regulation (EC) 2150/2002 ANNEX III: Table of equivalence

Discarded vehicles	
08.1 Discarded vehicles	
08.12 Other discarded vehicles	
0 Non-hazardous	
16 01 06	end-of-life vehicles, containing neither liquids nor other hazardous components
1 Hazardous	
16 01 04*	end-of-life vehicles

Figura 2.1 – Ilustração do guia europeu para a classificação de resíduos.

Tal como apresentado no exemplo da figura anterior, a tipologia “discarded vehicles” possui o código LER 16 01 06 que corresponde a resíduos de veículos em fim de vida, não contendo resíduos líquidos ou outros componentes perigosos, e também o código LER 16 01 04*, correspondente a veículos em fim de vida com componentes perigosos. Adicionalmente deverá ser sempre avaliada a perigosidade dos compostos/elementos, referidos como tendo ficado excluídos (coluna “Excludes”, da figura anterior).

Pelo exposto é importante referir que a atribuição de uma perigosidade potencial a um local onde apenas se possui informação sobre o histórico de atividade desenvolvida, é um processo, além de moroso, “meramente indicativo”, não havendo nesta fase, qualquer confirmação da efetiva produção desses resíduos ou da sua quantidade.

3 Metodologia e fundamentos teóricos

3.1 Avaliação da contaminação de terrenos

A avaliação da contaminação deve seguir os pressupostos constantes no decreto-lei n.º 147/2008, de 29 de julho, o DRA (*Diploma de Responsabilidade Ambiental*), descrito no capítulo 1. Este diploma estipula a responsabilidade ambiental aplicada a danos ambientais e a ameaças iminentes de danos, causados pelo exercício de qualquer atividade desenvolvida no âmbito de uma atividade económica, independentemente do seu carácter público ou privado, lucrativo ou não, ou atividade ocupacional, avaliando a extensão e magnitude de um evento potencialmente contaminante e as ações subsequentes para a minimização da afetação, reduzindo os riscos para a saúde e a proteção do meio afetado.

Desta forma, e no âmbito do DRA, o dano pode ser avaliado segundo duas perspetivas: dano causado ao solo ou não causado ao solo. Considera-se situação de dano quando:

- não são causados por emissões, acontecimentos ou incidentes que tenham ocorrido antes da data de entrada em vigor do DRA (1 de agosto de 2008);
- não são causados por emissões, acontecimentos ou incidentes que tenham ocorrido posteriormente a 1 de agosto de 2008, mas que resultem de uma atividade realizada e concluída antes da data referida;
- que não ocorram 30 anos ou mais após a emissão, acontecimento ou incidente que possa ter dado origem.

3.1.1 Modelo conceptual de contaminação e de risco

O modelo concetual de contaminação deve ser realizado de forma a avaliar a dispersão da contaminação. Este modelo deve ser definido à medida do conhecimento do local, para cada uma das fases de investigação.

Este modelo de contaminação deve incluir/considerar:

- caracterização dos focos de contaminação;
- características geológicas e hidrogeológicas do local;
- mecanismos de transporte;
- identificação dos potenciais recetores humanos e/ou do meio biofísico.

Segundo PETTS (Petts *et al*, 1997), o modelo de contaminação é constituído como apresentado na Figura 3.1.

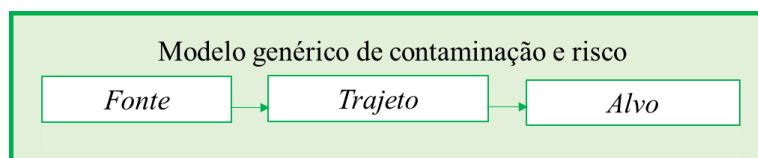


Figura 3.1 – Modelo genérico de contaminação e risco.

Sendo:

- **Fonte** – Caracteriza-se pela origem da contaminação. As fontes podem ser locais, pontuais ou tópicas, correspondendo a um foco de poluição bem definido. As fontes também podem ser difusas ou não pontuais. O esquema seguinte apresenta os diferentes tipos de fontes (Figura 3.2).

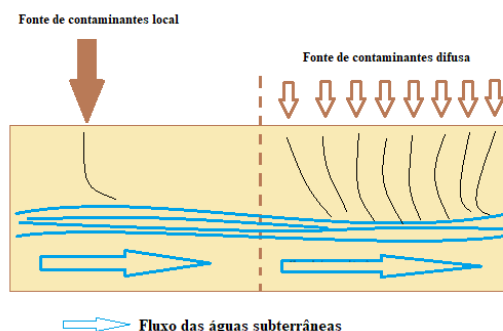


Figura 3.2 – Tipo de fontes: pontual, local ou tópica à esquerda e difusa à direita.

A caracterização da fonte deverá conter a análise dos locais potencialmente contaminados, a origem da contaminação, a caracterização dos elementos e substâncias no meio, com valores de referência da concentração de poluentes, a relação dose-efeitos e a avaliação dos efeitos adversos na saúde pública e no ambiente;

- **Trajeto** – corresponde ao meio que transporta a contaminação entre a fonte e o alvo, funcionando, simultaneamente, como recetor primário e como meio transmissor. O meio geológico e as águas subterrâneas funcionam, geralmente, como recetor primário e como meio transmissor de uma fonte de contaminação.
- **Alvo** – corresponde ao recetor da contaminação (pode ser o meio biofísico e/ou antropogénico). Pode ser caracterizados pela sensibilidade do recetor quanto à exposição a substâncias tóxicas. No caso dos recetores humanos, a exposição pode ser (Costa *et al*, 2015):
 - Direta – ingestão, inalação, cutânea e contacto dérmico;

- Indireta – ingestão de águas de consumo humano contaminadas. Embora a exposição indireta seja um risco que pode atingir uma população potencial muito elevada, é considerada reduzida.

O risco é definido pela análise integrada destas três entidades uma vez que, se não existir fonte, não existe contaminação e, conseqüentemente, não existirá risco. Se não existir um alvo, nenhum recetor será afetado e, novamente, não existe risco. O mesmo ocorre se não existir qualquer trajeto que ligue a fonte e o alvo. A Figura 3.3 (Brito, 2005), apresenta em esboço um modelo conceptual de risco, que reflete as fontes, o trajeto e o alvo, as vias de exposição da contaminação, potenciais recetores afetados, locais de emissão e de atenuação da contaminação.

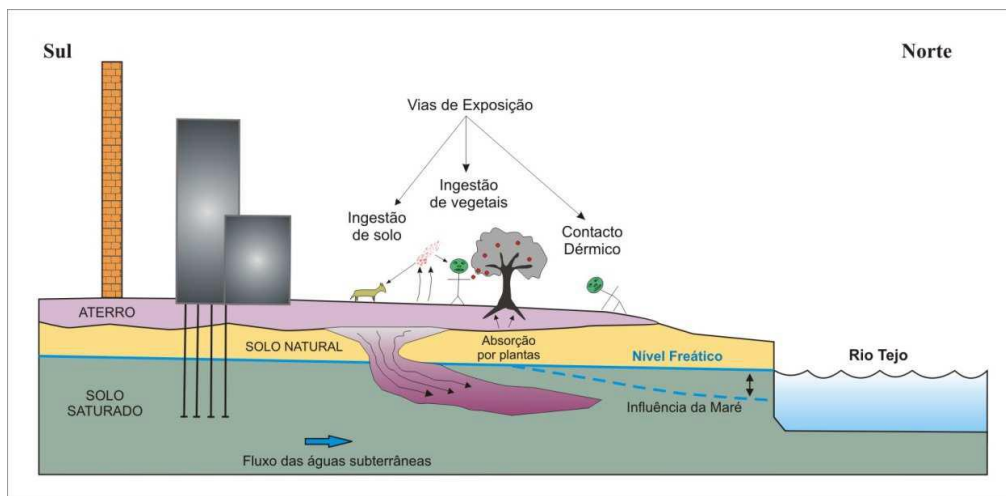


Figura 3.3 – Modelo conceptual de contaminação de risco.

3.2 Metodologia para a avaliação da contaminação de terrenos urbanos em fase preliminar de diagnóstico

Numa fase preliminar de diagnóstico, a metodologia adotada para a avaliação do risco de contaminação de terrenos, em meio urbano ou industrial (solos e águas subterrâneas), tem por base a classificação dos locais potencialmente contaminados devido à ocupação, histórica ou atual, de atividades económicas (AE) potencialmente produtoras de resíduos perigosos e a sensibilidade ou exposição do meio recetor a essa contaminação.

O modelo de risco resulta da integração, em Sistema de Informação Geográfica (SIG), dos locais potenciais focos de contaminação com a carta de vulnerabilidade do meio geológico, traduzida pela permeabilidade das respetivas formações litológicas.

A existência de solos que estiveram em contacto (intenso e/ou prolongado) com substâncias perigosas pode levar a que, antes de qualquer intervenção no terreno, seja necessário proceder a uma avaliação do estado de qualidade ambiental dos solos no local a intervencionar, com vista a adotar medidas adequadas à prevenção e/ou de mitigação do risco associado à exposição a essas mesmas substâncias.

Com base na tipologia da informação sobre as atividades desenvolvidas e em critérios de avaliação descritos em estudos similares (Costa *et al*, 2001), consideraram-se os seguintes elementos do modelo de risco:

- **Como fonte de contaminação** - os locais onde possam ter sido manuseados ou produzidos resíduos perigosos, ou com características de perigosidade, no decorrer da AE desenvolvida (atual ou histórica);
- **Como trajeto, ou meio transmissor da contaminação** - o meio geológico/litológico do concelho, cartografado à escala 1:25.000 (ou maior), traduzido pela permeabilidade das unidades litológicas, classificadas em classes de suscetibilidade à contaminação;
- **Como alvo, ou recetor primário** - o solo (ou o substrato rochoso) afetado por exposição direta à contaminação consoante a distância à fonte de contaminação e, como recetores secundários, os seres humanos, designadamente trabalhadores de construção e atividade comercial e residente.

Sendo que, para que exista risco, tem de se verificar a ocorrência, em simultâneo, dos elementos do modelo de risco. O modelo desenvolvido apresenta três etapas, tal como apresentado na **Error! Reference source not found.**:

- Etapa 1 – Avaliação das atividades potencialmente contaminantes:
 - Passo 1 - Revisão e classificação dos locais em termos atividade económica (CAE);
 - Passo 2 - Atribuição de um índice de perigo potencial (PP), com base na proporção de resíduos perigosos da LER produzidos pela categoria CAE;
 - Passo 3 - Validação dos locais que sejam fontes potenciais de contaminação;
 - Passo 4 – Classificação das fontes de contaminação em classes de perigosidade (CP), em função de parâmetros complementares do local.
- Etapa 2 – Avaliação do risco em meio urbano:
 - Passo 1 – Avaliação da permeabilidade do meio geológico para atribuição de uma classe de vulnerabilidade do meio;
 - Passo 2 – cruzamento das classes de perigosidade com as classes de vulnerabilidade do meio, em ambiente SIG, para obtenção de um mapa de risco potencial.

- Etapa 3 – Medidas de investigação a adotar para a avaliação do risco potencial do local.

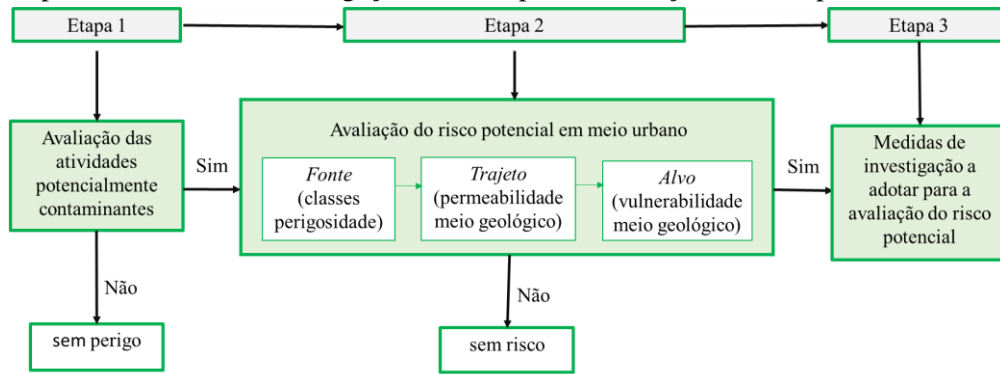


Figura 3.4 – Esquema simplificado da metodologia para avaliação do risco potencial de contaminação.

3.2.1 Etapa 1 – Avaliação das atividades potencialmente contaminantes

Numa fase de estudo em que não se dispõe de informação consistente e sistemática de indicadores sobre o potencial de perigosidade do local (tais como: a tipologia e volume de resíduos produzidos/gerados pela atividade, métodos produtivos da atividade, estado de qualidade dos solos, entre outros), a categorização de locais em classes de perigo potencial, apresenta-se como sendo uma tarefa complexa e de elevada responsabilidade especialmente quando a atribuição de uma classe inferior de perigo ou a desafetação de perigo num local com perigo potencial, possa originar situações de risco imprevistas, com elevados custos associados para a saúde humana.

A metodologia proposta para a avaliação de potenciais fontes de contaminação considerou os seguintes critérios:

- Perigosidade potencial (PP) – tido como perigosidade potencial, intrínseca de cada atividade;
- Parâmetros complementares de afetação da perigosidade potencial, onde se incluem:
 - Estado atual da atividade (EA);
 - Licença ambiental (LA);
 - Depósitos existentes no local (Dp);
 - Área de implementação (A).

Estimativa da perigosidade potencial (PP)

O perigo potencial de contaminação consistiu na avaliação da perigosidade dos resíduos potencialmente produzidos por uma AE, e permitiu a caracterização de cada local em 6 classes (de “não perigoso” – 0, a “elevado” – 5), consoante a proporção de resíduos perigosos relativamente ao total de resíduos produzidos.

Assim, para a estimativa da perigosidade potencial de uma atividade económica (AE), considerou-se a proporção de resíduos perigosos potencialmente produzidos relativamente ao total de resíduos contabilizados, tal como ilustrado na Tabela 3.1.

Tabela 3.1 – Proporção de resíduos perigosos produzidos pelas AE.

Exemplos de AE	Estimativa da quantidade de resíduos perigosos produzidos pela AE	Estimativa do total de resíduos produzidos pela AE (perigosos e não perigosos)	Proporção de resíduos perigosos produzidos pela AE em %
Atividade 1	1	1	100
Atividade 2	1	2	50
Atividade 3	1	10	10
Atividade 4	5	5	100

Pela leitura da tabela anterior conclui-se que as atividades 1 e 4 são aquelas que potencialmente poderão produzir uma maior quantidade de resíduos perigosos, dado que 100% dos resíduos produzidos são resíduos perigosos.

Os locais inventariados são analisados com base na categoria de atividade descrita pelo código de atividade económica (CAE).

Após identificados e contabilizados os resíduos perigosos potencialmente produzidos pela atividade, é atribuído a cada local um valor de perigosidade potencial (índice PP), definido com base na proporção de resíduos perigosos pelo total de resíduos potencialmente produzidos pela atividade (Tabela 3.2).

Tabela 3.2 – Classes de PP com base na proporção de resíduos perigosos, segundo a LER.

CrITÉrio de avaliação	Proporção de resíduos perigosos (%)	Perigosidade Potencial (PP)	Índice PP
Potencial de contaminação	0	Não perigosa	0
	[1 ; 19]	Reduzida	1
	[20 ; 39]	Moderada-baixa	2
	[40 ; 59]	Moderada	3
	[60 ; 79]	Moderada - elevada	4
	[80 ; 100]	Elevada	5
	Sem informação		

Os locais com atividades que não originam resíduos perigosos são classificados com o índice PP=0, correspondendo a locais que não apresentam perigosidade e, como tal, não serão objeto de avaliação.

Os locais que não dispõem de informação, ou aqueles em que 80% dos resíduos potencialmente produzidos são perigosos, representam as situações mais graves e, como tal, o índice de perigosidade PP assume o valor máximo da escala definida (PP=5).

Nos casos em que não seja possível fazer corresponder a tipologia dos resíduos potenciais com a AE do local, procedeu-se à classificação de perigosidade constante na Tabela 3.2 (lista das características da perigosidade), do Guia de Classificação de Resíduos (APA, 2017).

Considera-se que o local constitui uma fonte de contaminação sempre que se observem as seguintes condições:

- existe a probabilidade de ocorrência de pelo menos uma tipologia de resíduos perigosos, ou seja, sempre que $PP \geq 1$;
- sempre que se verifiquem indícios ou registo histórico, da existência de depósitos (Dp) no local (depósitos de líquidos inflamáveis, de combustíveis ou outros).

Caso não se verifique qualquer das condições anteriores, considera-se que não existe fonte de contaminação e, como tal, o local não será considerado no modelo de avaliação de risco da etapa 2.

A validação da fonte de contaminação (f) pode ser apresentada pela seguinte condição da Equação 3.1, onde $f = 0$ significa que não existe fonte de contaminação e $f = 1$ significa que se verifica pelo menos uma condição de perigo potencial de contaminação de terrenos.

$$f = \begin{cases} 0; & PP = 0 \cap Dp = 0 \\ 1; & PP \geq 1 \cup Dp \geq 1 \end{cases}$$

Equação 3.1 – Condições de validação de potenciais fontes de contaminação

As condições apresentadas permitem que, se não existir qualquer tipo de resíduo provável produzido, classificado como perigoso, mas existir registo de um depósito de líquidos inflamáveis, a atividade do local não seja classificada como “não perigoso”, mas sim com uma classe de perigosidade.

Parâmetros complementares

Dado que a perigosidade de um local não depende apenas das características de perigosidade das substâncias geradas durante a sua atividade, entendeu-se afetar cada local por parâmetros complementares que traduzam, de forma expedita, o potencial de contaminação do local considerando: além da perigosidade dos resíduos, o seu estado de conservação/precariedade ambiental (se está encerrado ou noutra situação; se o local possui depósitos enterrados de combustíveis ou outros resíduos), a sustentabilidade dos processos produtivos (com base na data de licenciamento da atividade) e a área de implantação da atividade (que se considera proporcional à capacidade de produção e/ou armazenamento de resíduos).

Os parâmetros adotados para a afetação da PP dos locais apresentam-se na Tabela 3.3.

Tabela 3.3 – Parâmetros complementares para a avaliação das fontes de contaminação.

Parâmetros complementares	Descrição do parâmetro	Classes de avaliação	Índices
Estado atual de atividade (EA)	Estado de atividade		Índice EA
	Em bom estado de conservação caso se encontre em funcionamento (ou encerrado com avaliação ambiental) e em estado de precariedade, nas restantes situações.	Em funcionamento / encerrado c/Avaliação Ambiental	0
		Outra atividade no local	1
		Temporariamente encerrado	1
		Encerrado/Outro	1
Licença ambiental (LA)	Data do 1º registo (se anterior ou após DL 194/2000)		Índice LA
	Representa a sustentabilidade da atividade, com base na existência, ou não, de uma política de gestão de resíduos, à data do 1º registo da atividade (se anterior ou após o DL 194/2000)	se 1º registo da atividade for posterior ao ano 2000	0
		se 1º registo da atividade for anterior ao ano 2000	1
		se 1º registo da atividade e encerramento anterior ao ano 2000	2
Existência de depósitos (Dp)	Existência de depósitos		Índice Dp
	Penaliza todas as situações em que seja referida a existência de depósitos de resíduos	Não	0
		Sim	1
Área de implantação (A)	Área de ocupação (m²)		Índice A
	Considera que a capacidade de produção (manuseamento ou gestão) de resíduos é proporcional à área de implementação da indústria.	$\leq 200 \text{ m}^2$	0
		$]200 - 600] \text{ m}^2$	1
		$> 600 \text{ m}^2$	2

Os limites definidos para as classes do índice de área (A) tiveram por base a distribuição da dimensão dos locais inventariados no caso de estudo. Considerou-se como limite superior da classe mais baixa, não penalizante, uma área com 200 m^2 , equivalente à mediana da população. Como limite inferior da classe mais elevada, selecionou-se uma dimensão de cerca de 600 m^2 , a qual corresponde apenas a cerca de 10% dos locais inventariados (vide Gráfico 3.1), aos quais se atribui a penalização máxima ao valor deste índice.

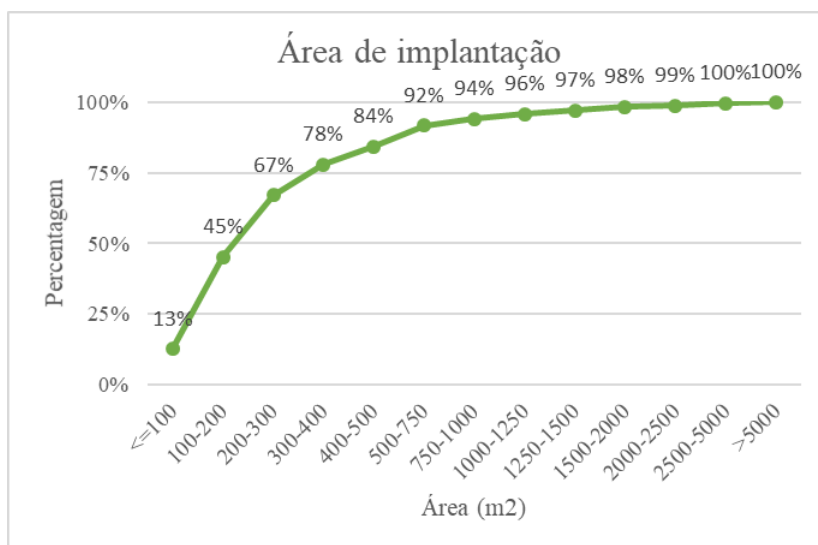


Gráfico 3.1 – Distribuição da dimensão dos locais inventariados (área em m²).

A utilização de um índice de área para a ponderação da perigosidade pretende afetar a classe de perigosidade do local na medida em que o volume de resíduos produzidos deverá ser proporcional à área ocupada pela indústria. No caso em apresentado, foram testados dois cenários de classificação dos locais: (i) um com o parâmetro A e outro; (ii) sem o parâmetro A. Os resultados obtidos apenas divergiram em cerca de 5%.

Estimação da Classe de Perigosidade

Ao valor mais elevado do índice corresponde a situação mais desfavorável. A atribuição de graus ou classes de perigosidade (CP) aos locais potenciais fontes de contaminação (f) resulta da soma dos valores de índice definidos para os critérios de avaliação considerados (vide Tabela 3.2 e Tabela 3.3), que se ilustra na Equação 3.2:

$$CP = f \times \sum_{i=1}^N Ci$$

Equação 3.2 – Estimação das classes de perigosidade.

Onde:

CP – Classe de perigosidade da fonte de contaminação [0;11]

f – Fonte potencial de contaminação [0;1]

i – Número de critérios/parâmetros de avaliação, (1 a N); conforme tabelas 4.3 e 4.4

Ci – valor índice do critério i de avaliação (tabelas 4.3 e 4.4)

Após a aplicação da Equação 3.2, a situação mais desfavorável corresponde ao valor máximo de Classe de Perigosidade (CP) = 11 e a mais favorável ao valor mínimo de CP = 0, este último que corresponde a situações que não apresentam perigo potencial e, como tal, não serão avaliadas no modelo de risco definido para a Etapa 2.

As classes de perigosidade (CP), com valores entre 0 e 11, são reclassificadas em 4 classes (0; 1; 2 e 3), conforme apresentado na Equação 3.3.

$$CP = \begin{cases} 0 & \text{se} & f \times \sum_{i=1}^N Ci = 0 \\ 1 & \text{se} & f \times \sum_{i=1}^N Ci = [1; 2] \\ 2 & \text{se} & f \times \sum_{i=1}^N Ci = [3; 4] \\ 3 & \text{se} & f \times \sum_{i=1}^N Ci > 5 \end{cases}$$

Equação 3.3 – Condições para determinação de classes de perigosidade.

Os locais classificados com CP = 1; 2 ou 3 são tidos como sendo as fontes de contaminação, a considerar no modelo de risco.

Adicionalmente foram classificadas com classe de perigosidade máxima (CP=3), os aterros de resíduos sólidos urbanos (aterros de RSU), as estações de tratamento de águas residuais (ETAR), os cemitérios e os hospitais:

- **Aterros de resíduos sólidos urbanos (RSU) e Estações de tratamento de águas residuais (ETAR)** – Os aterros de RSU e as ETAR têm de seguir o Decreto-Lei 173/2008, de 26 de agosto, relativo à deposição de resíduos, ou seja, têm de assegurar que nenhuma matéria perigosa passa para o solo ou águas subterrâneas. Para tal, tem de se identificar sempre se existe o risco de substâncias perigosas serem libertadas ou não. Caso se tratem de instalações existentes, deve ser verificada a existência de práticas que garantam a impossibilidade de contaminação de solos e/ou águas;
- **Hospitais** – no geral, os resíduos hospitalares têm na sua composição uma grande diversidade de produtos químicos prejudiciais ao meio ambiente. Quando degradados, resultam na produção de componentes tóxicos resultantes da sua decomposição (por exemplo material radioativo, alguns componentes de medicamentos, desinfetantes hospitalares, atividades

médicas de prevenção, de diagnóstico, tratamento e investigação), o que constitui um importante problema de saúde pública e ambiental. Apesar de hoje em dia já existir uma boa gestão de resíduos hospitalares perigosos e não perigosos, e dos locais de saúde terem de seguir as normas do Ministério da Saúde, se esses componentes não tiveram uma boa gestão de resíduos, ou se esta não tivesse existido de todo, o que ocorre é a contaminação dos solos de locais hospitalares (Dmitruk, 2016);

- **Cemitérios** – A deposição de corpos portadores de doenças infectocontagiosas, sujeitos a tratamentos de quimioterapia e/ou radioterapia, portadores de dispositivos como *pacemakers* ou de próteses de qualquer tipo feitas de diversos materiais, inclusive chumbo, é uma preocupação ambiental a ter em conta em todos os cemitérios, pois são agentes contaminantes problemáticos. Segundo Romanó, (Romanó, 2005, *in* Oliveira, 2009) foi detetada radioatividade num raio de 200 metros de sepulturas cujos cadáveres sofreram tratamentos radiológicos ou tinham *pacemakers*. Em Portugal ainda não existe legislação que preveja o destino deste tipo de situações, pelo que estes constituem um perigo grave de contaminação de solos envolventes (Oliveira, 2009).

O mapa dos locais, potenciais fontes de contaminação, resulta da integração em SIG dos locais das atividades categorizadas nas três classes de perigosidade (elevada CP=3; moderada, CP=2 e reduzida, CP=1).

3.2.2 Etapa 2 – Avaliação do risco potencial em meio urbano

O objetivo da classificação das fontes potenciais de contaminação em classes de perigosidade é a elaboração de uma carta de risco potencial de contaminação do solo, em função da classificação de perigosidade das indústrias (CP) (fontes de contaminação) e da vulnerabilidade do meio geológico (trajeto ou meio transmissor).

Para a elaboração de uma carta de risco potencial de contaminação dos terrenos na vizinhança de um local potencialmente contaminado foi utilizada uma metodologia em SIG, que consistiu na interseção de um mapa de fontes potenciais de contaminação classificadas em classes de perigosidade (CP = 0 a 3) com a informação geológica disponível (cartografia à escala 1/25.000, ou maior) classificada em classes de vulnerabilidade geológica (3 – elevada; 2 – moderada; 1 – reduzida e 0 – não perigoso), afetada por um intervalo de distância à fonte de contaminação de 25 metros.

O risco potencial em cada local pode ser descrito pelas seguintes equações (Equação 3.4 e Equação 3.5):

$$\text{Risco Potencial} = \text{Perigosidade} \times \text{Vulnerabilidade}$$

Equação 3.4 – Equação de estimação do Risco Potencial.

Em que o Perigo é determinado em função da classe de perigosidade (CP) da fonte, de 0 a 3, e a Vulnerabilidade em função da capacidade de mitigação de um dano potencial:

$$\text{Vulnerabilidade} = \frac{\text{Dano Potencial}}{\text{Capacidade de Resposta}}$$

Equação 3.5 – Equação da Vulnerabilidade.

O *Dano Potencial* é considerado como existente na presença de uma fonte e respetiva exposição de uma área vizinha a essa fonte, determinada em função da distância à fonte.

A *Capacidade de Resposta*, por sua vez, é uma medida de resistência à propagação da contaminação, que depende da *Suscetibilidade geológica* (baixa, moderada e elevada) avaliada, numa fase preliminar de diagnóstico, apenas com base na permeabilidade dos terrenos (não sendo tidos em consideração outros fatores tais como, por exemplo, a estrutura do maciço geológico, o modelo de fluxo de água subterrânea e a profundidade do nível freático).

Para os conceitos “suscetibilidade do meio”, “vulnerabilidade do meio” e “risco” foram adotadas as seguintes definições:

- *Suscetibilidade do meio* – sensibilidade do meio independentemente de ter fontes de contaminação ou não;
- *Vulnerabilidade do meio* – exposição e capacidade de adaptação do meio a uma fonte de contaminação.

Os valores de *Risco* resultam do produto das 3 classes de perigosidade atribuídas aos locais (CP 1 a CP3) pelas 3 classes de vulnerabilidade atribuídas ao meio geológico (1 – reduzida, 2 moderada e 3 – elevada). Os passos aplicados em ambiente SIG para a realização destes cálculos, encontram-se detalhados em anexo. Aos valores mais elevado de risco (9 e 6) correspondem situações de classe de perigosidade da fonte elevada, em meio de vulnerabilidade elevada ou moderada, ou classe de perigosidade moderada no meio de vulnerabilidade elevada. A leitura dos restantes valores de risco apresenta-se na tabela seguinte (Tabela 3.4).

Tabela 3.4 – Risco devido à exposição de uma fonte de contaminação. Vermelho – risco elevado; amarelo – risco moderado; verde – risco reduzido.

Índices de Risco		Classe Perigosidade da fonte (CP)		
		Reduzida	Moderada	Elevada
Classe de vulnerabilidade do meio geológico		1	2	3
Reduzida	1	1	2	3
Moderada	2	2	4	6
Elevada	3	3	6	9

Com vista a simplificar a leitura dos resultados, os valores de risco são agrupados em classes de risco, sendo:

- classe de Risco Elevado - Correspondente aos índices 9 e 6;
- classe de Risco Moderado – Correspondente aos índices 4 e 3;
- classe de Risco Reduzido – Correspondente aos índices 2 e 1.

Esta etapa culmina com um mapa dos locais interessados, classificados nas 3 classes de risco potencial (Elevado, Moderado ou Reduzido). Quanto maior o Risco de cada local, maior é a probabilidade de, durante a avaliação de contaminação dos terrenos, ter de ser realizada uma fase de investigação exploratória ou até uma fase de investigação detalhada. A realização destas fases de investigação não dispensa uma fase prévia, de investigação preliminar, uma vez que a carta de risco apenas indica contaminação potencial com diferentes graus de risco potencial. Encontra-se em anexo um esquema com a metodologia detalhada para a avaliação do risco de contaminação em meio urbano para as etapas 1 e 2.

Após realizadas as fases de investigação, deve-se proceder à avaliação quantitativa do risco para a saúde humana e para o meio ambiente. Os resultados da avaliação quantitativa do risco servirão de base para a tomada de decisão quanto às ações de reparação e mitigação do risco e/ou monitorização do local, conforme a sua ocupação.

3.3.3 Etapa 3 - Medidas de investigação a adotar para a avaliação do risco potencial do local

A escolha de um local a intervencionar implica verificar a existência de risco potencial desse local, no mapa de risco realizado na etapa anterior. Se apresentar risco de contaminação, devem seguir-se as seguintes fases de estudo, antes do pedido de licenciamento:

- fase de investigação preliminar – Os parâmetros de perigosidade (potenciais resíduos produzidos, área, existência de licença ambiental, se se encontra em atividade e/ou se existem depósitos), devem ser verificados e validados, tanto na fonte, como no trajeto/alvo. Caso algum destes não se confirme, o local deixa de estar em risco e pode passar à fase de licenciamento para futuras intervenções. Deve ser obtido um relatório de investigação preliminar que identifique indícios de contaminação desse solo. Em caso de existência de indícios de contaminação, deve ser realizado um modelo concetual de contaminação e um plano de prospecção ambiental, antes de passar à fase seguinte;
- fase de investigação exploratória – Após confirmação de contaminação pela investigação anterior, segue-se a avaliação do estado de contaminação dos solos, das águas e dos resíduos (por métodos diretos/indiretos), determinações analíticas e comparações de resultados com valores de referência. Após realização de um relatório de investigação exploratória, se os valores de referência forem excedidos, segue-se uma investigação detalhada. Caso contrário, deve ser realizado um plano de monitorização;
- fase de investigação detalhada – contempla a utilização de métodos de prospeção directa e a avaliação quantitativa do risco para a saúde humana, por exposição aos terrenos contaminados. Realização da análise de risco (por amostragem e determinações analíticas).

A Figura 3.5 apresenta a utilização da metodologia após escolha do local de intervenção, assim como todas as fases de investigação que se seguem, no caso de locais com risco potencial.

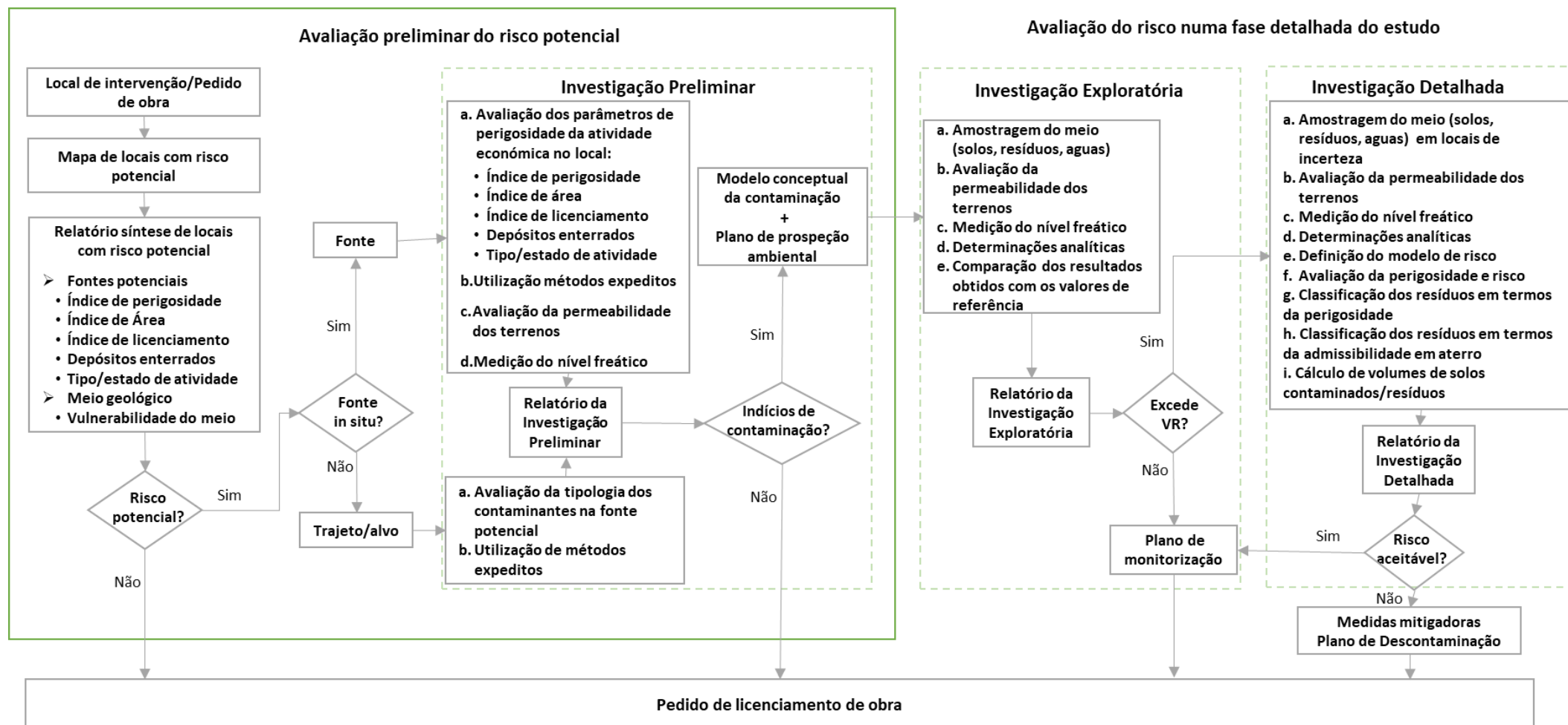


Figura 3.5 – Medidas de investigação a adotar.

Para o caso específico de realização de futuras obras no Parque das Nações, a APA propõe o seguinte programa de trabalhos (APA, 2018):

- (i) Definição e elaboração de um *Plano de Amostragem* para a avaliação da qualidade dos solos e presença de contaminantes fazendo referência a:
 - identificação do(s) meio(s) a amostrar (solo e águas, resíduos,...se aplicável), de acordo com modelo conceptual definido;
 - justificação do programa analítico, com indicação dos contaminantes a analisar, seleccionados com base na atividade histórica desenvolvida no local, e identificação dos métodos analíticos, normas e limites de quantificação compatíveis com os normativos a adotar;
 - calendário de amostragem;
 - número e distribuição dos pontos de amostragem e justificação da malha de amostragem seleccionada;
 - planta do local, georreferenciada e a escala adequada, com a localização de todos os pontos de amostragem;
 - número de amostras a recolher em cada ponto de amostragem;
 - profundidade prevista de recolha das amostras em cada ponto de amostragem (a profundidade da sondagem deverá garantir a interseção e avaliação do substrato terroso e/ou rochoso) e justificação dessa escolha;
 - tipo e dimensão da amostra a recolher (simples ou compostas);
 - métodos adotados para a recolha das amostras;
 - embalagem, rotulagem, preservação e transporte das amostras;
 - sistema de controlo de qualidade;
 - indicação de eventuais ensaios a realizar *in situ* e dos métodos e equipamentos utilizados;
 - entidade(s) seleccionada(s) para a recolha das amostras;
 - laboratório(s) seleccionado(s) para a realização do programa analítico, com indicação da respetiva acreditação, se disponível.
- (ii) Análise dos resultados obtidos, à luz dos normativos adotados;
- (iii) Se os resultados da amostragem aos solos para os contaminantes em causa forem superiores aos valores fixados, deverá ser realizada uma análise quantitativa de risco, com remediação dos solos até aos valores alvo determinados pela análise quantitativa do risco. Em alternativa à realização da análise quantitativa de risco, o solo poderá ser remediado até aos valores de referência fixados para os contaminantes em causa.

O número de pontos a amostrar depende de vários fatores, entre os quais, o objetivo do estudo, a área do local a estudar, a área e extensão dos potenciais focos de contaminação, a heterogeneidade do meio, entre outros. Deste modo, e segundo o *CLR Report 4* (Environment, 1994), a Equação 3.6 permite estimar um número mínimo de pontos a amostrar, consoante a área a investigar (A) e área da fonte (a_f), a forma da pluma potencial de contaminação (K) e a geometria da malha de amostragem.

$$N = K \frac{A}{a_f}$$

Equação 3.6 – Número de pontos a amostrar, segundo o CLR Report 4.

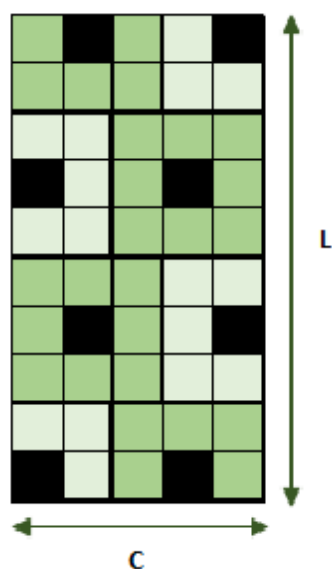
Onde:

N – Número de pontos a amostrar

A – Área total do local (C x L)

a_f – área do foco de contaminação (9 x L x C)

K – Constante que depende da forma do alvo



L = largura

C = comprimento

Nº de células para cálculo da área de foco = 9

K = 1.08 para formas circulares

K = 1.25 para formas de “pluma”

K = 1.80 para formas de elipse, rácio de 4:1, paralelo à direção da malha

K = 1.50 quando não existe informação sobre a forma

Figura 3.6 – Malha de amostragem proposta..

Após amostragem representativa, é possível a construção de um modelo de contaminação, que servirá de base para um modelo de risco, e que tem em conta a avaliação da toxicidade e da exposição. É realizado um relatório de investigação detalhada com informação sobre o tipo de risco: se é aceitável, deve ser realizado um plano de monitorização; se não for aceitável deve ser obtido o modelo de risco, elaborado um plano de descontaminação constituído por métodos de remediação, de intervenção e de monitorização e compatibilização do uso do solo e efetuadas medidas mitigadoras.

4 Caso de Estudo: Lisboa

A metodologia criada foi aplicada no âmbito do estudo “Inventariação dos locais potencialmente contaminados no Município de Lisboa”, solicitado pela Divisão do Ambiente e Energia da Câmara Municipal de Lisboa (CML), que tem por objetivo a elaboração de uma carta de risco de ocorrência de solos contaminados que estiveram em contacto (intenso e/ou prolongado) com substâncias perigosas, designadamente por atividades potencialmente produtoras de resíduos perigosos e a definição das medidas de mitigação de risco a adotar, em caso de pedido de licenciamento de obra afetando o subsolo.

4.1 Enquadramento Geográfico

Lisboa, a capital de Portugal e a mais ocidental da Europa, com aproximadamente 506 896 habitantes (Pordata, 2015) e cerca de 8587. hectares, localiza-se na margem Norte do estuário do Tejo a 38°42’N e a 9°00’W, a Oeste de Portugal continental, na costa do Oceano Atlântico.

A altitude máxima da cidade é de 226 metros, na Serra de Monsanto, onde o Parque Florestal de Monsanto ocupa uma área de quase 10 km² na parte ocidental da Serra.

O concelho de Lisboa é constituído por 24 freguesias (Figura 4.1 e Tabela 4.1) desde a entrada em vigor da Lei n.º 56/2012 de 8 de Novembro (CML, 2017).



Figura 4.1 – Mapa com o limite de concelho de Lisboa e limites de freguesias.

Tabela 4.1 – Freguesias no concelho de Lisboa.

Freguesias			
Ajuda	Beato	Estrela	Penha de França
Alcântara	Belém	Lumiar	Santa Clara
Alvalade	Benfica	Marvila	Santa Maria Maior
Areeiro	Campo de Ourique	Misericórdia	Santo António
Arroios	Campolide	Oliviais	São Domingos de Benfica
Avenidas Novas	Carnide	Parque da Nações	São Vicente

4.2 Enquadramento Geológico

As folhas 34-B, de Lisboa (Pais *et al*, 2006) e 34-D de Loures (Costa *et al*, 2005), são as Cartas Geológicas que correspondem ao concelho de Lisboa na escala 1:50 000, publicada pelo LNEG (*Laboratório Nacional de Engenharia Geológica*). A área do concelho é ainda mais detalhada nas cartas geológicas do concelho de Lisboa 417 e 431 (Costa *et al*, 2005a e 2005b), à escala 1:25 000, também publicada pelo LNEG.

Lisboa é caracterizada por ter uma lito-estratigrafia diversificada. Esta testemunha a história geológica e ambiental, que se caracteriza pela existência de vestígios de ambientes marinhos de baixa profundidade e recifais, durante o início do Cretácico superior, a existência de vulcanismo basáltico subaéreo, também no Cretácico superior, ambientes continentais e lacustres no Paleogénico e marinhos costeiros de baixas profundidades, lagunares, fluviais e continentais ao longo do Miocénico.

O concelho é constituído pelo Cretácico superior de natureza sedimentar e vulcânica, em que o Cretácico sedimentar é representado por duas formações aflorantes: Formação de Caneças e Formação da Bica, constituídas essencialmente por calcários margosos e o Cretácico vulcânico, denominado Complexo Vulcânico de Lisboa, encontra-se localizado nas zonas de Monsanto, Ajuda e Alcântara e é constituído por escoadas lávicas e produtos vulcânicos. É composto ainda pela Formação de Benfica, constituída por rochas detríticas consolidadas, que é uma representação do Paleogénico, pelo Miocénico que se encontra na zona ocidental e central da cidade e é constituído maioritariamente por complexos detríticos carbonatados e ainda pelo Holocénico, que é representado pelos aluviões e aterros existentes no concelho. A Figura 4.2 seguinte apresenta a geologia do concelho e a Tabela 4.2 as unidades geológicas e litoestratigráficas correspondentes (*adaptado de Costa et al*, 2005a e 2005b).

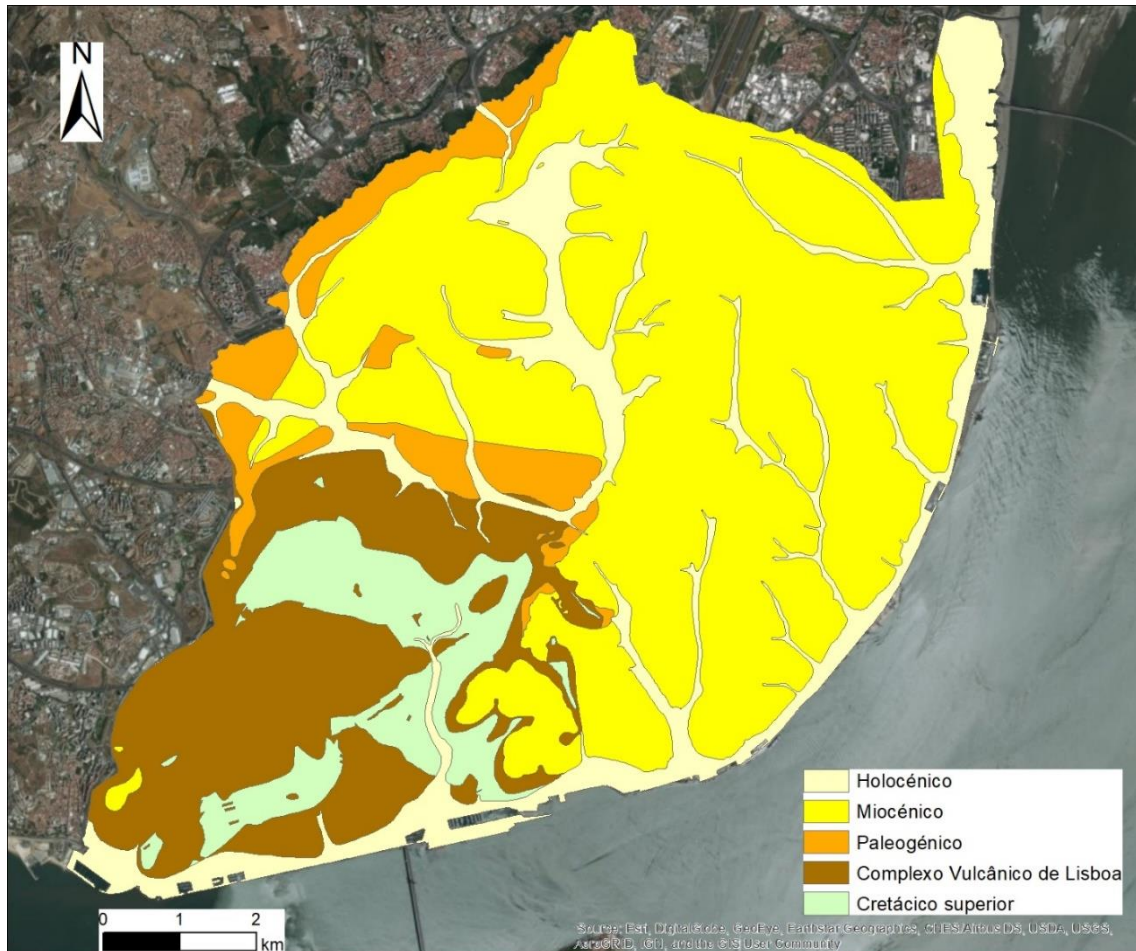


Figura 4.2 – Carta geológica simplificada do concelho de Lisboa.

A cidade é caracterizada pelas unidades geológicas apresentadas na Figura 4.2, que se podem agrupar em cinco grupos de litologia simplificada, como se observa na Tabela 4.2 (AML, 2007):

- aluvião/aterros;
- areias;
- argilitos;
- vulcânicas;
- calcárias.

Tabela 4.2 – Unidades geológicas e lito-estratigrafia correspondente.

Unidades geológicas	Litologia	Litologia Simplificada	Permeabilidade do meio
Aluviões e aterros	Detríticas móveis	Aluvião/aterros	poroso com permeabilidade variável
Complexo Vulcânico de Lisboa	Escoadas lávicas	Vulcânicas	fissurado com permeabilidade variável
Complexo Vulcânico de Lisboa: rochas piroclásticas	Outros produtos vulcânicos	Vulcânicas	poroso com permeabilidade variável
Filões e massas de basalto	Escoadas lávicas	Vulcânicas	fissurado com permeabilidade variável
Formação Areias com Placuna miocénica (MVa2)	Complexo detrítico-carbonatado	Areias	poroso permeável
Formação Areias com Placuna miocénica (MVa2): intercalação calcária	Complexo detrítico-carbonatado	Areias	poroso/fissurado com permeabilidade variável
Formação Areias de Quinta do Bacalhau (MVb)	Complexo detrítico-carbonatado	Areias	poroso permeável
Formação Areias de Vale de Chelas (MVb)	Complexo detrítico-carbonatado	Areias	poroso permeável
Formação Areolas de Braço de Prata (MVIIa)	Complexo detrítico-carbonatado predominantemente médio	Areias	poroso/fissurado com permeabilidade variável
Formação Areolas de Cabo Ruivo (MVIIa)	Complexo detrítico-carbonatado predominantemente médio	Areias	poroso/fissurado com permeabilidade variável
Formação Areolas de Estefânia (MII)	Complexo detrítico-carbonatado	Areias	poroso com permeabilidade variável
Formação Argilas de Forno do Tijolo (MIVa)	Detríticas consolidadas finas-médias	Argilitos	poroso permeável
Formação Argilas de Xabregas (MVIa)	Complexo detrítico-carbonatado	Areias	poroso permeável
Formação Argilas Prazeres (MI): argilitos e calcários	Complexo detrítico-carbonatado predominantemente fino	Argilitos	poroso permeável
Formação de Benfica: conglomerados, arenitos e argilitos	Detríticas consolidadas	Argilitos	poroso/fissurado com permeabilidade variável
Formação de Bica: calcários com rudistas	Calcários e Margas	Calcários	cársico permeável
Formação de Caneças: calcários, margas, arenitos e dolomitos	Complexo detrítico-carbonatado predominantemente médio	Calcários	poroso/fissurado permeável
Formação Calcários de Casal Vistoso (MVa1)	Complexo detrítico-carbonatado	Calcários	poroso/fissurado com permeabilidade variável
Formação Calcários de Entre-Campos ("Banco Real")(MIII)	Complexo detrítico-carbonatado predominantemente médio	Calcários	fissurado permeável
Formação Calcários de Marvila (MVIc)	Complexo detrítico-carbonatado predominantemente médio	Calcários	poroso/fissurado com permeabilidade variável
Formação Calcários de Musgueira (Mva3)	Complexo detrítico-carbonatado predominantemente médio	Calcários	fissurado permeável
Formação Calcários de Quinta Conchas (MVC)	Complexo detrítico-carbonatado	Calcários	poroso/fissurado com permeabilidade variável
Formação Grés Grilos (MVIb)	Complexo detrítico-carbonatado predominantemente médio	Calcários	poroso permeável

A tabela anterior, pode ser simplificada, em termos de litologia, como na imagem seguinte:



Figura 4.3 – Litologia simplificada do concelho de Lisboa.

Como se pode observar na tabela Tabela 4.2 e Figura 4.3Figura 4.4, cada unidade geológica tem um tipo de litologia definido por um meio de permeabilidade. As permeabilidades são classificadas em 3 classes de suscetibilidade do meio geológico, da forma que se pode observar na tabela seguinte (Tabela 4.3).

Tabela 4.3 – Classes de suscetibilidade do meio geológico.

Meio	Permeabilidade	Suscetibilidade
poroso	Pouco permeável	Baixa
poroso/poroso-fissurado/fissurado	variável	Moderada
poroso/poroso-fissurado/fissurado/cársico	permeável	Elevada

Na figura seguinte (Figura 4.4), pode observar-se onde existe a permeabilidade do meio geológico:

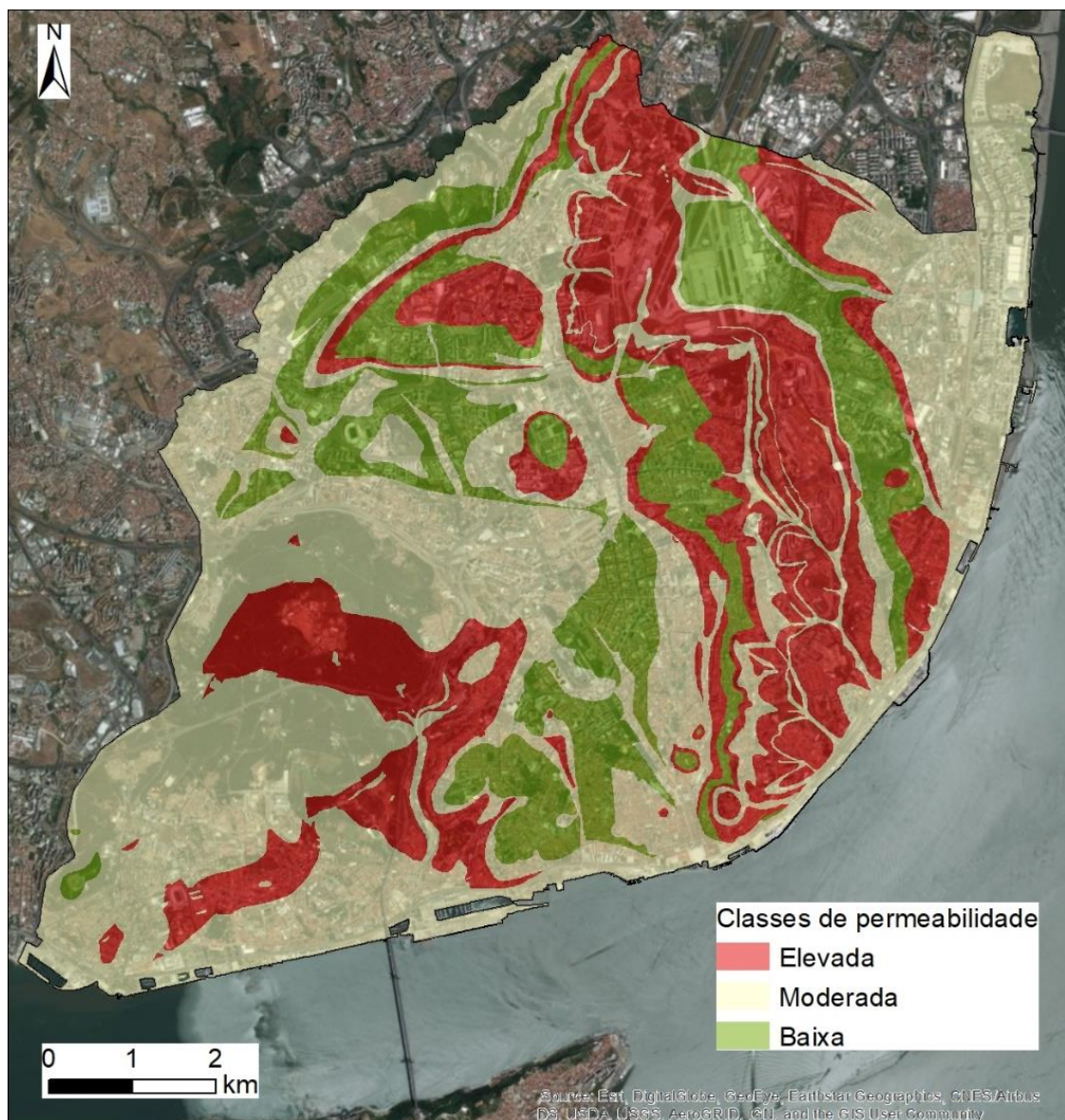


Figura 4.4 – Classes de permeabilidade atribuídas ao concelho de Lisboa.

Pela análise das tabelas 4.2 e 4.3 e das figuras 4.3 e 4.4, é possível tecer as seguintes conclusões:

- o solo mais vulnerável e, portanto, com suscetibilidade elevada (a vermelho na Figura 4.4), encontra-se na zona poente do concelho, intercalado com zonas de permeabilidade baixa numa direção N-S, e no centro da zona de Monsanto. Este solo é constituído essencialmente por calcários e areias, correspondentes a 8 unidades geológicas, e perfaz cerca de 27% da área do concelho de Lisboa;
- apenas 3 unidades, correspondentes a cerca de 19,7% da área do concelho de Lisboa, são consideradas de “baixa” suscetibilidade (a verde na Figura 4.4). Estas são constituídas essencialmente por argilitos, intercalados na sua maioria com calcários e areias mais a Este do concelho;
- 12 unidades geológicas, correspondentes à maior parte da área do concelho, com cerca de 53,3% desta, pertencem a uma classe de suscetibilidade “Moderada” (a amarelo na Figura 4.4). Estas correspondem a litologias vulcânicas e de aluviões e/ou aterros.

4.3 Dados de partida

Para a aplicação da metodologia proposta foram disponibilizados pela CML um conjunto de dados cartografados, do tipo *shapefile*, relativos a locais onde foram desenvolvidas atividades económicas e industriais, consideradas como potencialmente contaminadas. A CML disponibilizou o inventário de locais onde tenham sido desenvolvidas atividades económicas e industriais, consideradas como potenciais fontes de contaminação devido à tipologia dos resíduos armazenados, produzidos ou manuseados (ficheiro de indústrias, de antigos depósitos, de hospitais, ETAR, cemitérios e de ficheiros com os aterros), bem como as infraestruturas do concelho, tais como: a rede viária, o edificado, o limite do concelho, as áreas verdes e os gasodutos;

Na Tabela 4.4 apresenta-se a lista de alguns ficheiros dos dados inventariados e disponibilizados pela CML.

Tabela 4.4 – Ficheiros de dados disponibilizados pela CML.

Nome e tipo de ficheiro	Data da base cartográfica	Número polígonos	Descrição/conteúdo
Outras_Industrias_PotencialContSolos.shp	1970	1787	Inventário de atividades económicas
AntigosDepositos.shp	Entre 1950-1970	34	Reservatórios, matadouros, depósitos de guerra, petroquímicas, fábrica de gás e gasómetros
Hospitais.shp	-	28	Edifícios de hospitais
Etars.shp	-	3	Estações tratamento de águas residuais
Cemiterios.shp	-	10	Limite de áreas ocupadas por cemitérios
Aterro_Beirolas.shp	-	1	Aterro de RSU de Beirolas
Aterro Sanitario Vale Forno.shp	-	1	Aterro de RSU de Vale do Forno
Total de locais inventariados		1864	Atividades potencialmente contaminantes

Os locais inventariados e disponibilizados pela CML, correspondem a 1864 locais de atividades económicas e industriais desenvolvidas no concelho e a outras ocorrências, tal como apresentadas na Figura 4.5.

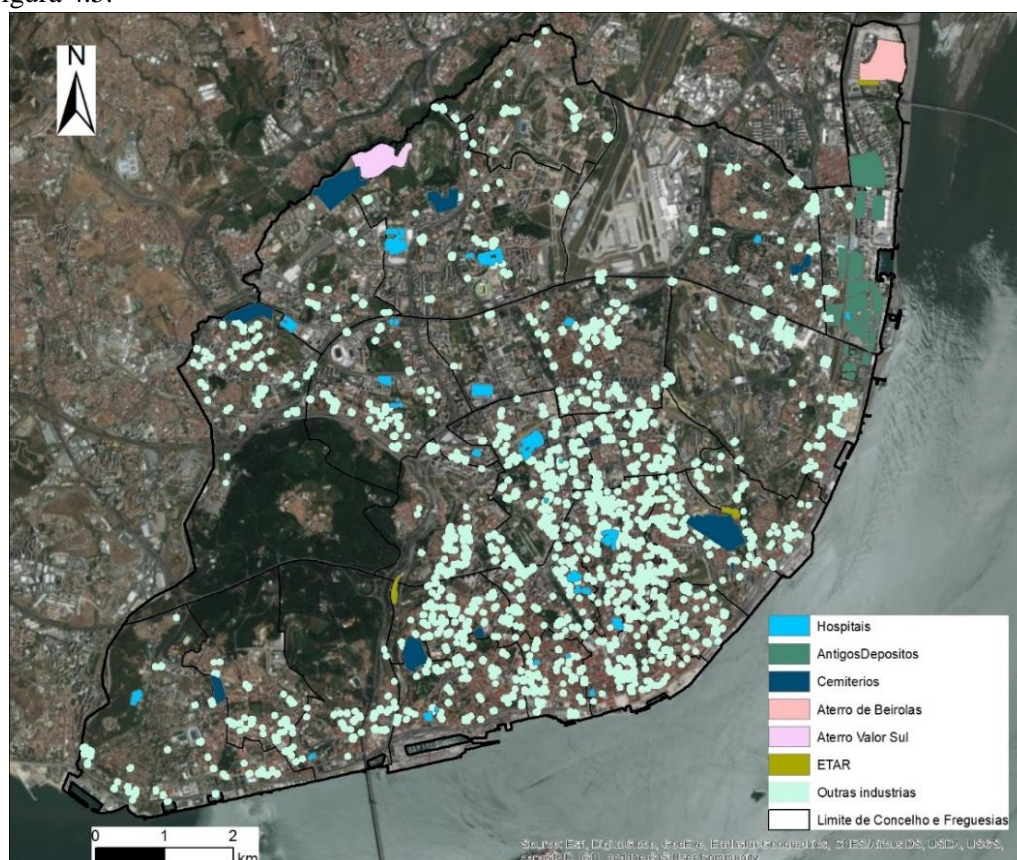


Figura 4.5 – Localização dos locais inventariados no concelho de Lisboa.

Na Figura 4.6 verifica-se uma dispersão de cada uma das tipologias no concelho, exceto na zona de Monsanto. De forma sintetizada (após análise da Tabela 4.5), pode-se afirmar que:

- aproximadamente 40% das AE representadas tratam-se de “Reparação de veículos”;
- cerca de 21% do concelho é composto por postos de abastecimento de combustível;
- perto da margem sul do concelho, encontra-se uma maior concentração de AE de tipologia “Drogarias e afins”, que corresponde a cerca de 19% das indústrias potencialmente contaminadas;
- as AE caracterizadas como “Construção e afins”, correspondem a 14% das tipologias no Concelho, e as caracterizadas como “outras indústrias”, a 6%;
- as atividades caracterizadas como “Alimentares”, são as menos frequentes (1%), e aquelas que, à partida, não produzem qualquer resíduo.

Com vista a facilitar a análise da distribuição das AE pelo concelho, os resultados obtidos foram agrupados por freguesia, como se apresenta de seguida.

Na Tabela 4.6 apresenta-se o número de atividades económicas por freguesia e respetivas áreas de ocupação.

Tabela 4.6 – Número de AE e respetivas áreas de ocupação, por freguesia.

Freguesias	Nº Atividades Económicas	Área (hectare)
Ajuda	34	287.68
Alcântara	49	439.82
Alvalade	132	534.18
Areeiro	102	171.89
Arroios	207	212.80
Avenidas Novas	188	299.46
Beato	41	170.89
Belém	48	560.42
Benfica	79	802.46
Campo de Ourique	112	165.14
Campolide	78	277.44
Carnide	11	368.86
Estrela	73	271.29
Lumiar	35	657.52
Marvila	46	622.90
Misericórdia	67	111.18
Olivais	35	808.82
Parque da Nações	9	414.57
Penha de França	117	220.45
Santa Clara	25	429.43
Santa Maria Maior	67	125.28
Santo António	78	335.54

Freguesias	Nº Atividades Económicas	Área (hectare)
São Domingos de Benfica	80	149.12
São Vicente	74	149.44
Total	1787	8586.54

Pela leitura da Tabela 4.6 e Figura 4.6, verifica-se que as freguesias com maior número de AE são a freguesia de Arroios (207), seguida da freguesia das Avenidas Novas (188). Em oposição, as que apresentam menor número de AE (AE inventariadas), são a freguesia do Parque das Nações (com 9 indústrias, excluindo as do ficheiro “antigos depósitos”), seguida da freguesia de Carnide (11). No entanto, as freguesias com menor área são as da Misericórdia e Santa Maria Maior e, com maior área, são as de Benfica e dos Olivais.

Na figura 4.7, apresenta-se a densidade de atividades económicas por freguesia.

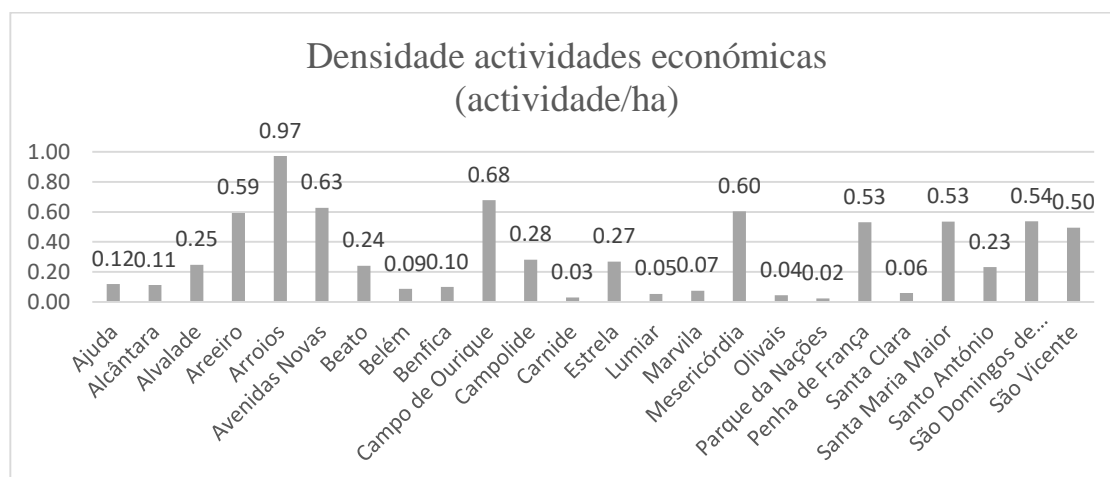


Figura 4.7 - Densidade de atividades económicas por freguesia.

Os gráficos da figura seguinte permitem observar qual a tipologia das AE inventariadas em cada freguesia.

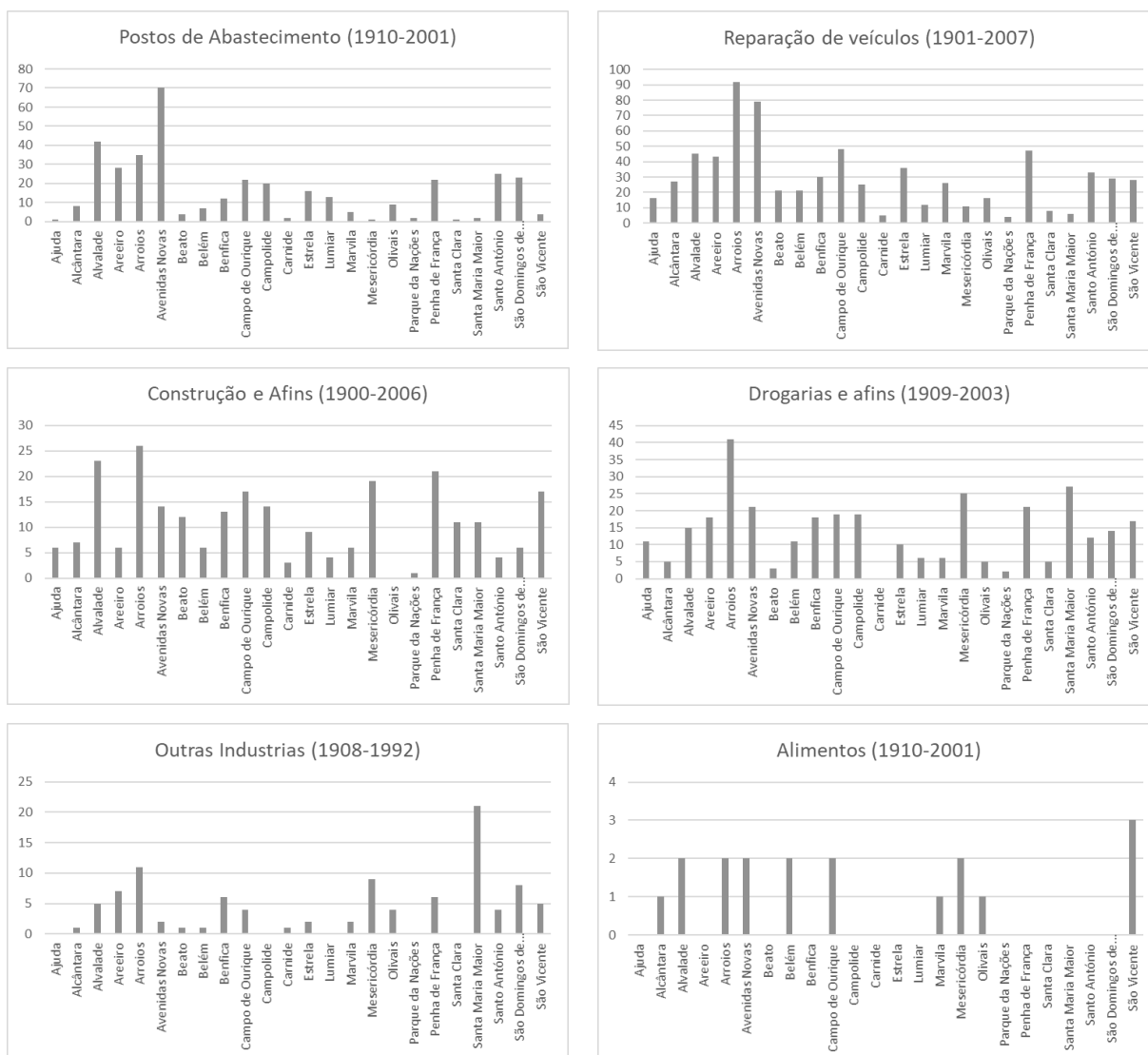


Figura 4.8 – Tipologia das atividades económicas inventariadas por freguesia.

Pela observação da figura dos gráficos anteriores, pode concluir-se que:

- arroios é a freguesia com mais atividades e densidade de atividades, sendo que a mais predominante é “reparação de veículos”, seguida de “postos de abastecimento”;
- avenidas Novas é a freguesia que mais atividades relacionadas com veículos tem, desde os postos de abastecimento até à reparação de automóveis;
- o Parque das Nações trata-se da freguesia com menos indústrias inventariadas por hectare e com menor número de indústrias em relação às restantes freguesias (exclui antigos depósitos), seguido da freguesia de Carnide;
- existe pelo menos um posto de abastecimento e uma zona de reparação de veículos em cada freguesia;

- as atividades com risco de contaminação que ocorrem em menor número por cada freguesia são as inseridas na tipologia “outras indústrias”;
- das tipologias analisadas, a única que não apresenta qualquer risco pertence à indústria alimentar.

4.4.2 Metodologia aplicada com os CAE

Como já foi explicado no capítulo anterior, a avaliação de locais potencialmente contaminados (fontes), seguiu a etapa 1: a avaliação do perigo potencial (PP) dos locais com base na perigosidade dos resíduos e classificação das fontes potenciais de contaminação em classes de perigosidade (CP).

Foi analisada e validada a informação relativa aos 1864 locais inventariados pela CML e apresentados na Tabela 4.4, considerados como potenciais fontes de contaminação.

Os ficheiros disponibilizados foram analisados com base em documentos diversos, consoante a tipologia e descrição do histórico de ocupação e atividade desenvolvida. Na Tabela 4.7 apresentam-se os documentos utilizados para a identificação da tipologia e perigosidade dos resíduos potencialmente produzidos, (manuseados ou armazenados) nos locais inventariados.

Tabela 4.7 – Documentos com informação para a avaliação da perigosidade dos locais inventariados.

Ficheiro dos dados	Número de locais	Descrição/conteúdo	Classificação da tipologia das atividades com base	Documentos base para avaliação de Perigosidade	Perigosidade
Outras_Industrias_PotencialContSolos.shp	1787	Inventário de atividades potencialmente contaminantes	Com CAE Sem CAE - campo de descrição da atividade	LER obtido através do EWC e Guia Classificação de resíduos	Conforme a % de resíduos perigosos (LER) e HP1 a HP15
AntigosDepositos.shp	34	Reservatórios, matadouros, depósitos de guerra, petroquímicas, fábrica de gás e gasómetros	Descrição da atividade no campo das observações do ficheiro	Guia Classificação de resíduos	HP1 a HP15 e Perigoso* ¹
Hospitais.shp	28	Edifícios de hospitais	NC	NC	Perigoso* ¹
Etars.shp	3	Estações tratamento de águas residuais	NC	NC	Perigoso* ¹
Cemiterios.shp	10	Limite de áreas ocupadas por cemitérios	NC	NC	Perigoso* ¹
Aterro Beirolas.shp	1	Aterro de RSU de Beirolas	NC	NC	Perigoso* ¹
Aterro Sanitario Vale Forno.shp	1	Aterro de RSU de Vale do Forno	NC	NC	Perigoso* ¹
Total de locais		1864			

*1- Local considerado potencialmente perigoso, devido à tipologia dos resíduos gerados/manuseados e/ou segundo a APA (2017)

LER – Lista Europeia de Resíduos (2014)

EWC – *European Waste Categories* (Eurostat, 2010)

Guia de classificação de resíduos (APA, 2017)

NC – não classificado

Etapas 1 – Avaliação dos locais com perigo potencial (PP)

Os locais inventariados nos ficheiros “Antigos Depósitos”, “Hospitais”, “ETAR”, “Cemitérios” e nos ficheiros dos aterros, são considerados, *à priori*, como “fontes potenciais de contaminação” e, como tal, não necessitam de ser avaliados na Etapa 1, correspondente à avaliação do perigo potencial do local.

Quanto ao ficheiro “Outras indústrias potencialmente contaminantes”, com o levantamento realizado pela CML de 1787 locais potencialmente contaminados, com base em registos de atividade desde os anos 50 e informação cartográfica desde os anos 70, esta etapa já foi realizada.

Com vista a estimar o índice PP para cada local inventariado, procedeu-se a uma revisão e atualização dos CAE para a versão de CAE atualmente em vigência (revisão 3 do CAE).

A conversão das versões antigas de CAE (revisão 1, 2 e 2.1) para os CAE atuais foi um processo moroso, pois por vezes não foi possível a correspondência entre o CAE registado no ficheiro e os CAE atuais e, nessas situações, foi atribuído um CAE, considerado como o “mais provável”, com base no registo ou descrição de atividade descritas no campo de “observações” do ficheiro. A Tabela 4.8, é exemplificativa das alterações que decorreram quanto aos CAE.

Tabela 4.8 – Exemplo da alteração dos CAE da CML para a atividade e revisão aplicadas.

Atividade descrita pela CML	CAE CML	Atividade FCT	CAE FCT (Rev. 3)
“Atividades de mecânica geral”	285201	Construção e Afins	C25620
“Estação de serviço”	45320	Posto de Abastecimento	G47300
“Garagem de recolha e reparação de automóveis”	9513.0	Reparação de veículos	G45200
“Trat. Anti.corrosão aut.”	38199	Drogarias e afins	C25992

Os 1787 locais inventariados correspondem às seguintes atividades CAE (**Error! Reference source not found.**):

- 1104 comércio por grosso e a retalho; reparação de veículos automóveis e motociclos;
- 399 indústrias transformadoras;
- 142 outras atividades e serviços;
- 118 transportes e armazenagem;
- 2 atividades de informação e comunicação;
- 7 atividades administrativas e dos serviços de apoio;
- 3 Construção;
- 1 alojamento, restauração e similares;
- 1 captação, tratamento e distribuição de água;
- 10 atividade não discriminadas.

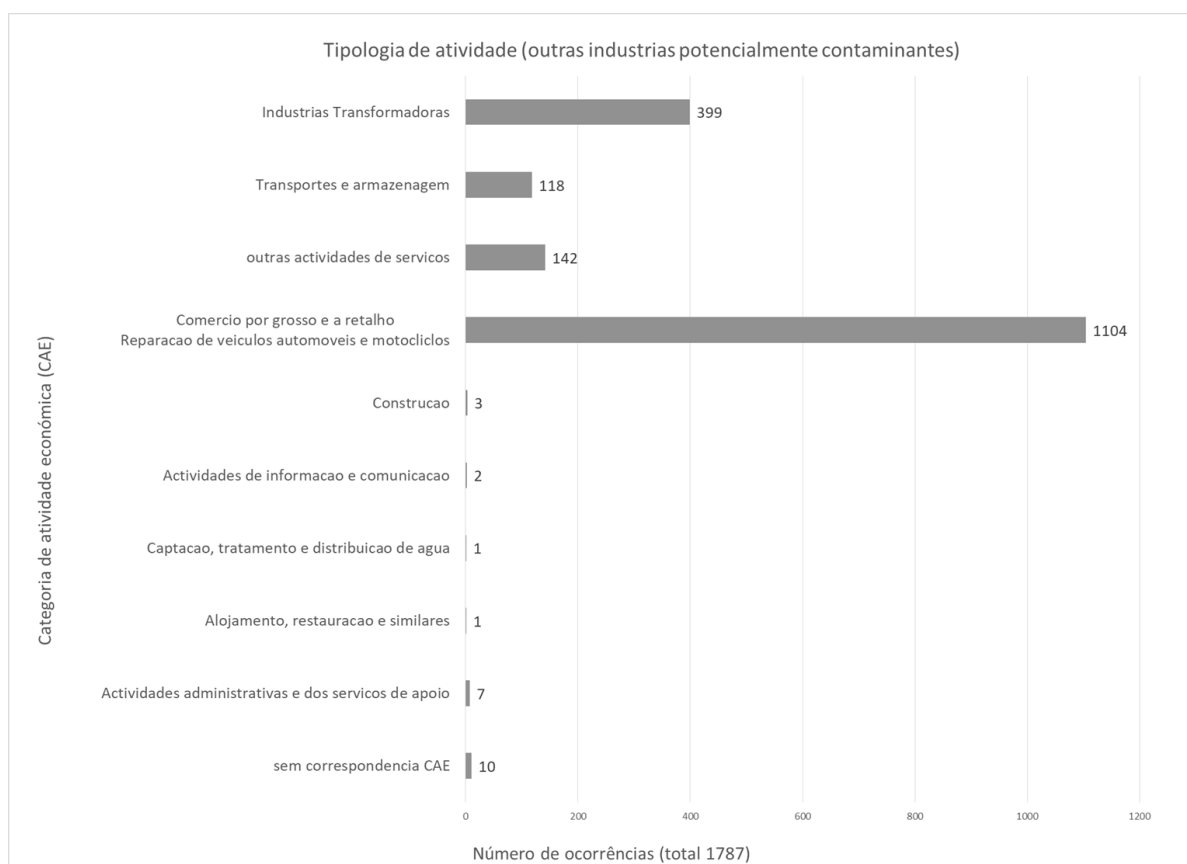


Figura 4.9 – Categorias de atividade CAE. Ficheiro “outras industrias potencialmente contaminantes”.

Pela leitura da figura anterior, é de realçar que, dos 1787 locais inventariados, cerca de 62% (1104 locais) correspondem à categoria de “Comércio por grosso e de reparação de veículos automóveis e motociclos” e cerca de 22% (399 registos) correspondem a locais com atividades da indústria transformadora (IT).

Na figura 4.10 apresenta-se o número de ocorrências de atividades incluídas na categoria “Comércio por grosso e a retalho e reparação de veículos automóveis e motociclos”.

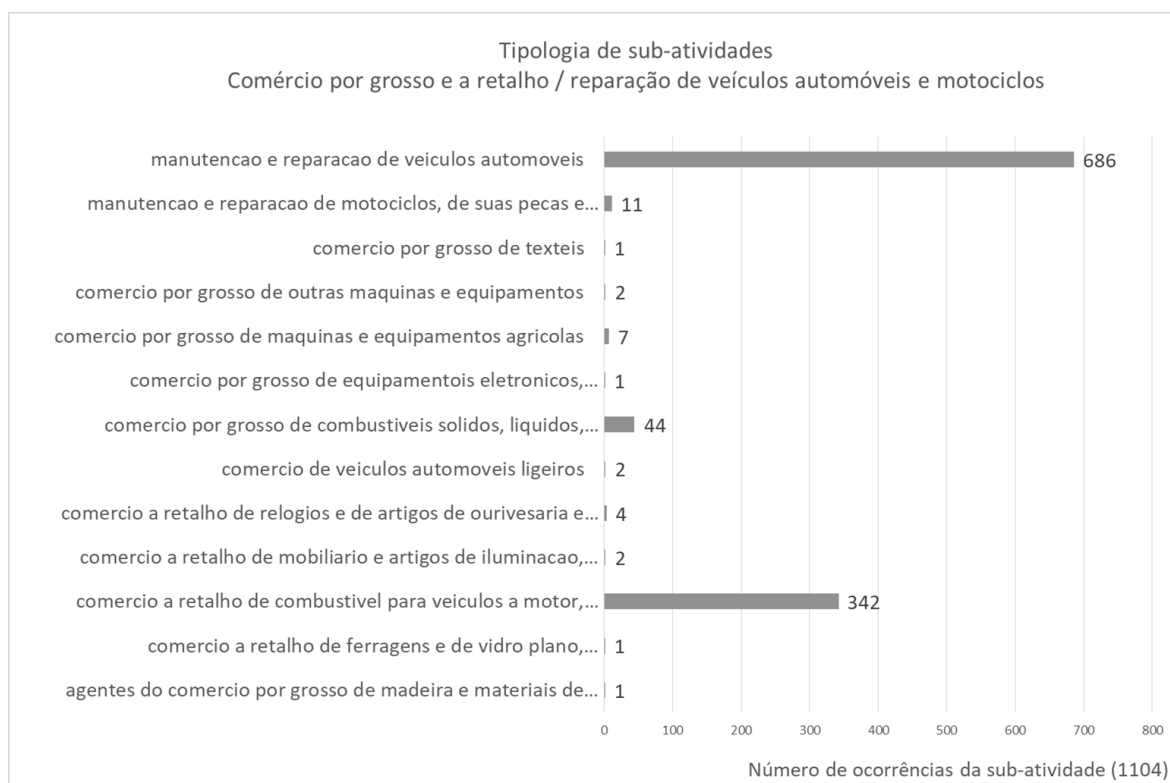


Figura 4.10 – Subcategorias da atividade Comércio por grosso e a retalho e reparação de veículos automóveis e motociclos. Ficheiro “outras industrias potencialmente contaminantes”.

Observa-se que, dos 1104 locais da categoria “comércio por grosso e a retalho e reparação de veículos automóveis e motociclos”, cerca de metade corresponde a oficinas de reparação de veículos automóveis (686 locais) e que cerca de 30% a postos de combustível (342 locais, classificados como comércio e retalho de combustível para veículos a motor).

No gráfico seguinte, apresentam-se as principais atividades correspondentes à indústria transformadora no concelho, nas quais se destacam a atividade de “fabricação de produtos metálicos” e a “impressão e reprodução de suportes gravados”, a “indústria da madeira e da cortiça” e a atividade de “fabrico de mobiliário”.

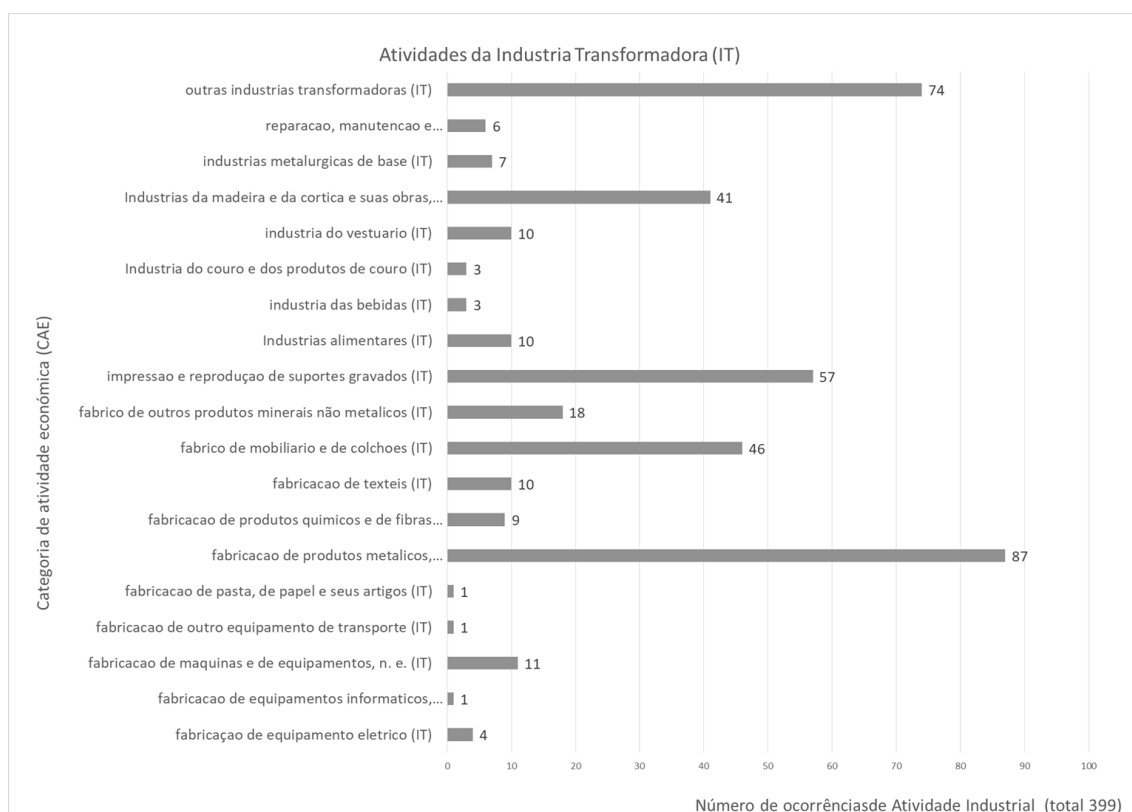


Figura 4.11 – Atividades CAE de indústrias transformadoras. Ficheiro “outras indústrias potencialmente contaminantes”.

Tal como referido anteriormente, a estimação da tipologia dos resíduos potencialmente produzidos pelas diferentes atividades foi realizada por comparação das atividades do CAE com o código NACE (*Nomenclatura Estatística das Atividades Económicas na comunidade europeia*) e, através do documento *Guidance on classification of waste according to European Waste Classification statistics (v2, December 2010)*. Após a identificação da tipologia dos resíduos produzidos por cada CAE, os resíduos potenciais foram classificados quanto à sua perigosidade (com base nos capítulos da LER, 2014).

Consoante a percentagem de resíduos perigosos por total de resíduos produzidos, é atribuído um índice de Perigosidade Potencial (PP), categorizado em 5 graus de perigosidade, conforme definido na Tabela 3.2.

Nos gráficos seguintes (Figuras 4.12 e 4.13) apresenta-se a percentagem de resíduos perigosos estimada para as CAE definidas. Às atividades para as quais não foi possível identificar a perigosidade através da LER, foi atribuída a classificação de perigosidade de resíduos, constante no Quadro 2 do Guia de Classificação de Resíduos, da Agência Portuguesa do Ambiente (APA, 2017).

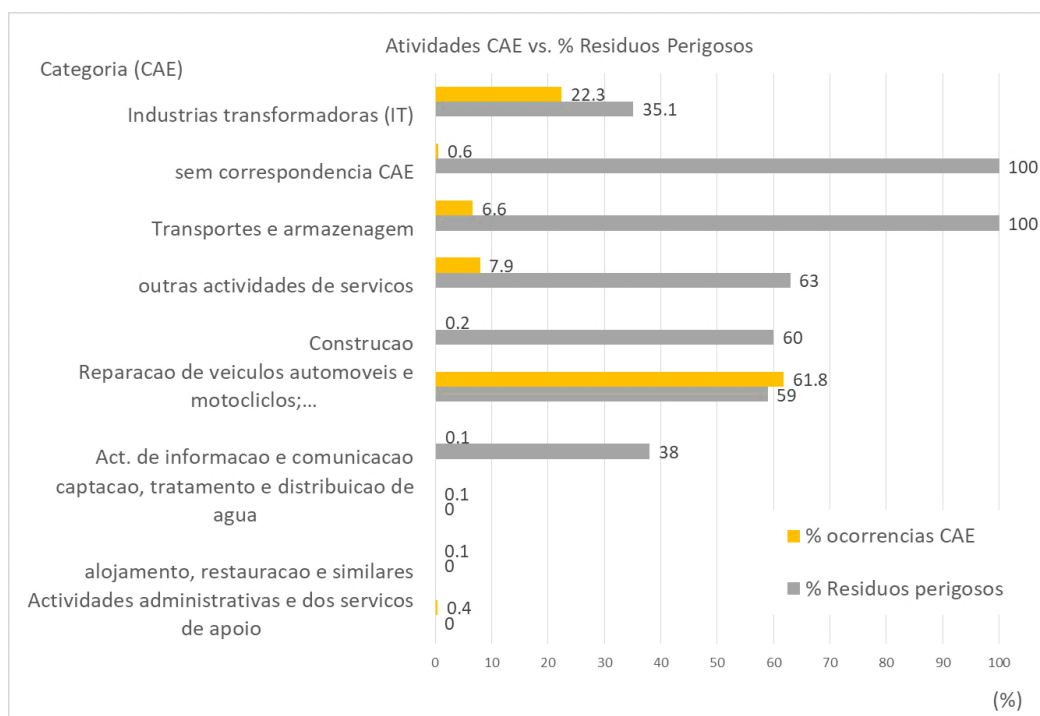


Figura 4.12 – CAE vs resíduos perigosos potencialmente produzidos. Ficheiro “outras indústrias potencialmente contaminantes”.

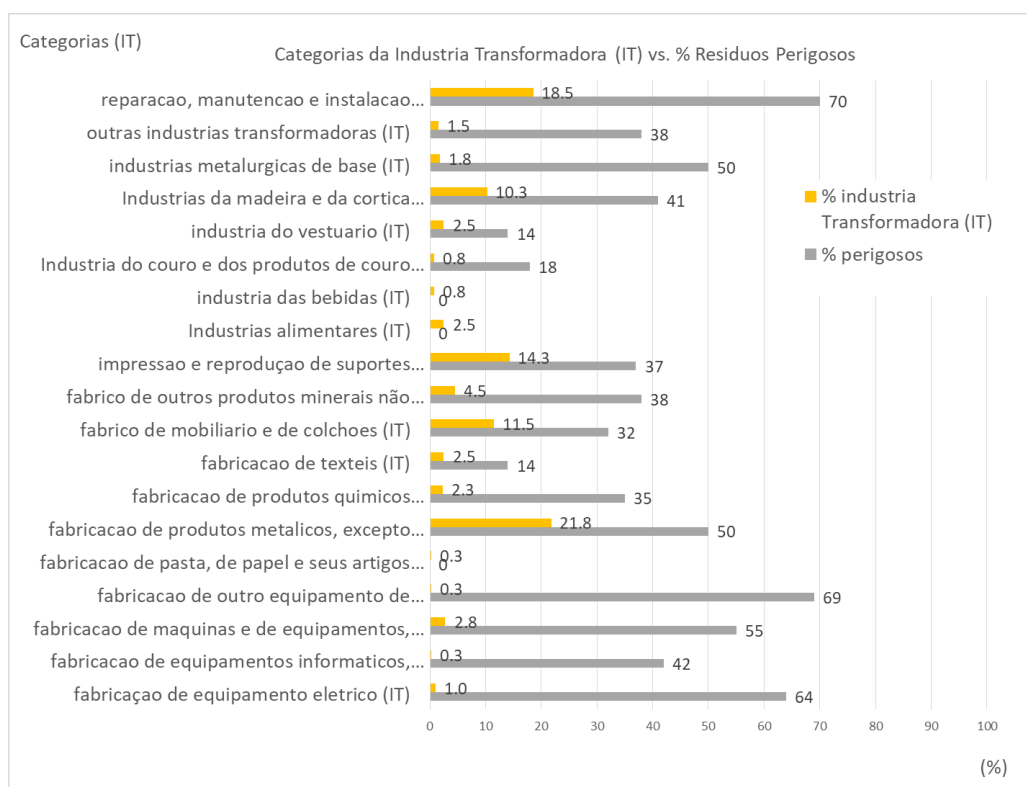


Figura 4.13 – CAE da indústria transformadora (IT) vs. % resíduos perigosos potencialmente produzidos. Fonte “outras indústrias potencialmente contaminantes”.

Na Tabela 4.9 apresenta-se uma síntese dos locais classificados em termos da sua perigosidade potencial (reduzida: PP=1, a elevada: PP= 5), incluindo os locais classificados como “não perigosos” (PP=0), onde não se observou a produção de resíduos perigosos, segundo o CAE e a LER.

Tabela 4.9 – Índice de PP. Ficheiro “outras indústrias potencialmente contaminantes”.

Parâmetro de avaliação	Proporção de resíduos perigosos (%)	Perigosidade Potencial (PP)	Índice PP	Número de ocorrências
Potencial de contaminação	0	Não perigosa	0	59
	[1 ; 19]	Reduzida	1	13
	[20 ; 39]	Moderada-baixa	2	55
	[40 ; 59]	Moderada	3	75
	[60 ; 79]	Moderada - elevada	4	1483
	[80 ; 100]	Elevada	5	102
	Sem informação			
Total de ocorrências				1787

Etapa 2 – Classificação das fontes potenciais em classes de perigosidade (CP)

Nesta etapa procedeu-se à avaliação dos locais categorizados através dos parâmetros complementares definidos com vista a identificar situações adicionais de precariedade do estado ambiental do local. Dependendo das suas características, a cada local é atribuído um valor de índice, consoante os seguintes parâmetros de avaliação: estado atual de atividade (EA); data do licenciamento ambiental (LA); existência ou não de depósitos (Dp) e; área de ocupação (A) (conforme definido na Tabela 3.3).

Na Tabela 4.10 é apresentada uma síntese do número de locais dos ficheiros “Outras Indústrias Potencialmente Contaminantes” e “antigos depósitos” classificados com os parâmetros complementares definidos.

Tabela 4.10 – Parâmetros de avaliação complementares. Ficheiro “outras indústrias potencialmente contaminantes”.

Parâmetro complementar	Classes de avaliação	Índices	Número de ocorrências	
			Outras Indústrias Potencialmente Contaminantes	Antigos Depósitos
Estado atual de atividade (EA)		índice EA		
Em bom estado de conservação caso se encontre em funcionamento (ou encerrado com avaliação ambiental) e em estado de precariedade, nas restantes situações.	Em funcionamento / encerrado c/Avaliação Ambiental	0	351	34
	Outra atividade no local	1	1436	0
	Temporariamente encerrado			
	Encerrado/Outro			
Data do 1º registo (se anterior ou após DL 194/2000)		índice LA		
Representa a sustentabilidade da atividade, com base na existência, ou não, de uma política de gestão de resíduos, à data do 1º registo da atividade (se anterior ou após o DL 194/2000)	se 1º registo da atividade for posterior ao ano 2000	0	39	0
	se 1º registo da atividade for anterior ao ano 2000	1	1748	34
	se 1º registo da atividade e encerramento anterior ao ano 2000	2	0	0
Existência de depósitos de resíduos inflamáveis		índice Dp		
Penaliza todas as situações em que seja referida a existência de depósitos de resíduos inflamáveis	Não	0	1607	3
	Sim	1	180	31
Área de ocupação (A) (m2)		índice A		
Considera que a capacidade de produção (/manuseamento ou gestão) de resíduos é proporcional à área de implementação da indústria.	<= 200 m²	0	806	0
]200 - 600] m²	1	771	0
	> 600 m²	2	210	34

Nos gráficos da Figura 4.14 apresenta-se a distribuição dos índices complementares, aplicados aos locais inventariados.

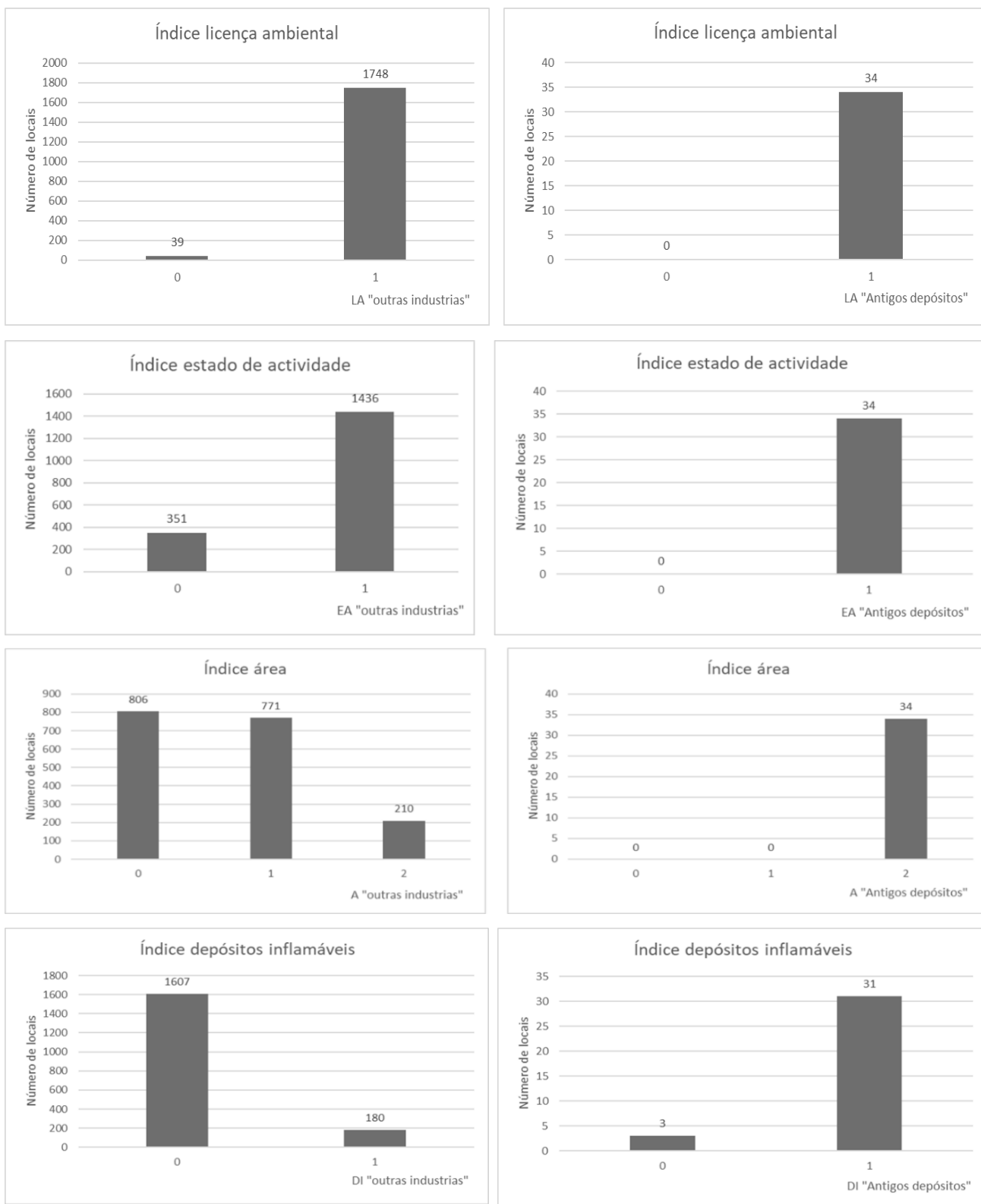


Figura 4.14 – Distribuição de locais por índice do ficheiro “outras industrias potencialmente contaminantes” e do ficheiro “antigos depositos”.

Após a atribuição dos índices de avaliação, os locais são avaliados e classificados (Equação 3.2), em 12 Classes de Perigosidade (CP), cujos valores variam entre 0 e 11, sendo o valor máximo a situação mais desfavorável.

Os valores de perigosidade (CP) são reclassificados em 4 classes (0; 1; 2 e 3) e apenas os locais classificados com CP = 1; 2 ou 3 são tidos como fontes de contaminação, a considerar no modelo de risco da Etapa 2. Na figura 4.15 apresentam-se o número de locais classificados em classes de perigosidade, relativos ao ficheiro “Outras Indústrias Potencialmente Contaminantes”.

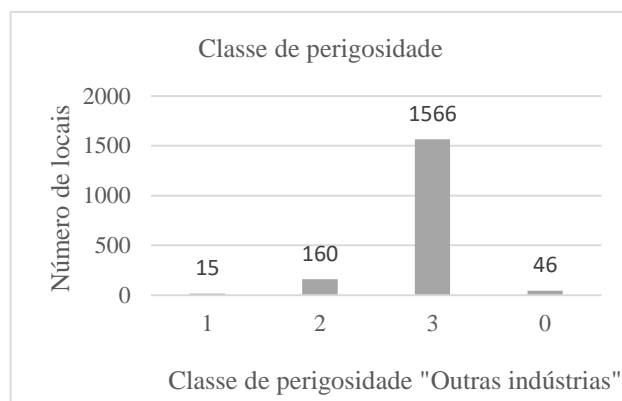


Figura 4.15 – Classes de Perigosidade (CP). Ficheiro “outras indústrias potencialmente contaminantes”.

Os locais de aterro de resíduos sólidos urbanos (RSU), cemitérios e locais dos matadouros foram classificados com classe de perigosidade elevada (CP=3) tal como o aterro de Beirolas, em particular devido ao histórico de deposição de solos contaminados com hidrocarbonetos no local (PPN, 2016).

4.4.3 Resultados dos Índices de classificação das atividades

Após o tratamento e análise de dados, foi possível a obtenção de mapas necessários para o aferir informações importantes das AE e, posteriormente, realizar o cálculo do risco potencial de contaminação.

Índice de Perigosidade Potencial (PP)

A figura seguinte identifica os locais classificados com o *Índice de Perigosidade Potencial* (PP) (Figura 4.16).

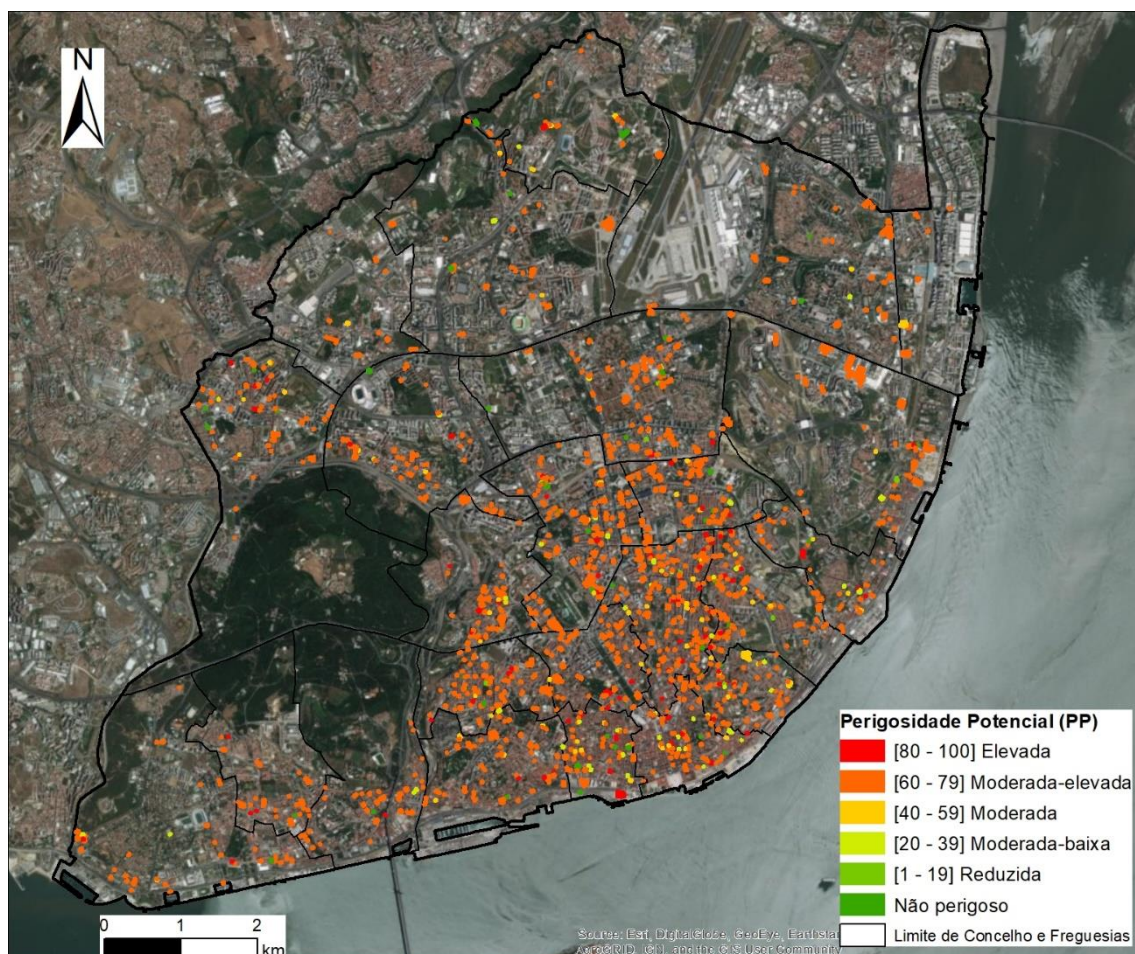


Figura 4.16 – Localização das indústrias classificadas pelo Índice de PP (concelho de Lisboa).

A imagem anterior, assim como os dados da Tabela 4.9, permitem retirar as seguintes conclusões:

- apenas 3% das indústrias não têm perigosidade potencial;
- 83% das indústrias analisadas correspondem a uma PP “Moderada-elevada”;
- 6% das indústrias encontram-se na pior situação possível, com uma PP classificada como “Elevada”;
- os restantes 8% estão distribuídos pelas classes “Moderada” (4%), “Moderada-baixa” (3%) e “Reduzida” (1%).

Índice de Licença Ambiental (LA)

O *Índice de Licença Ambiental* (LA) é o ponto de partida para determinar a idade relativa das AE e a existência de gestão de resíduos destas. Na Figura 4.17 encontra-se o mapa deste índice, que permite determinar em que locais é necessária uma avaliação sobre a licença ambiental.

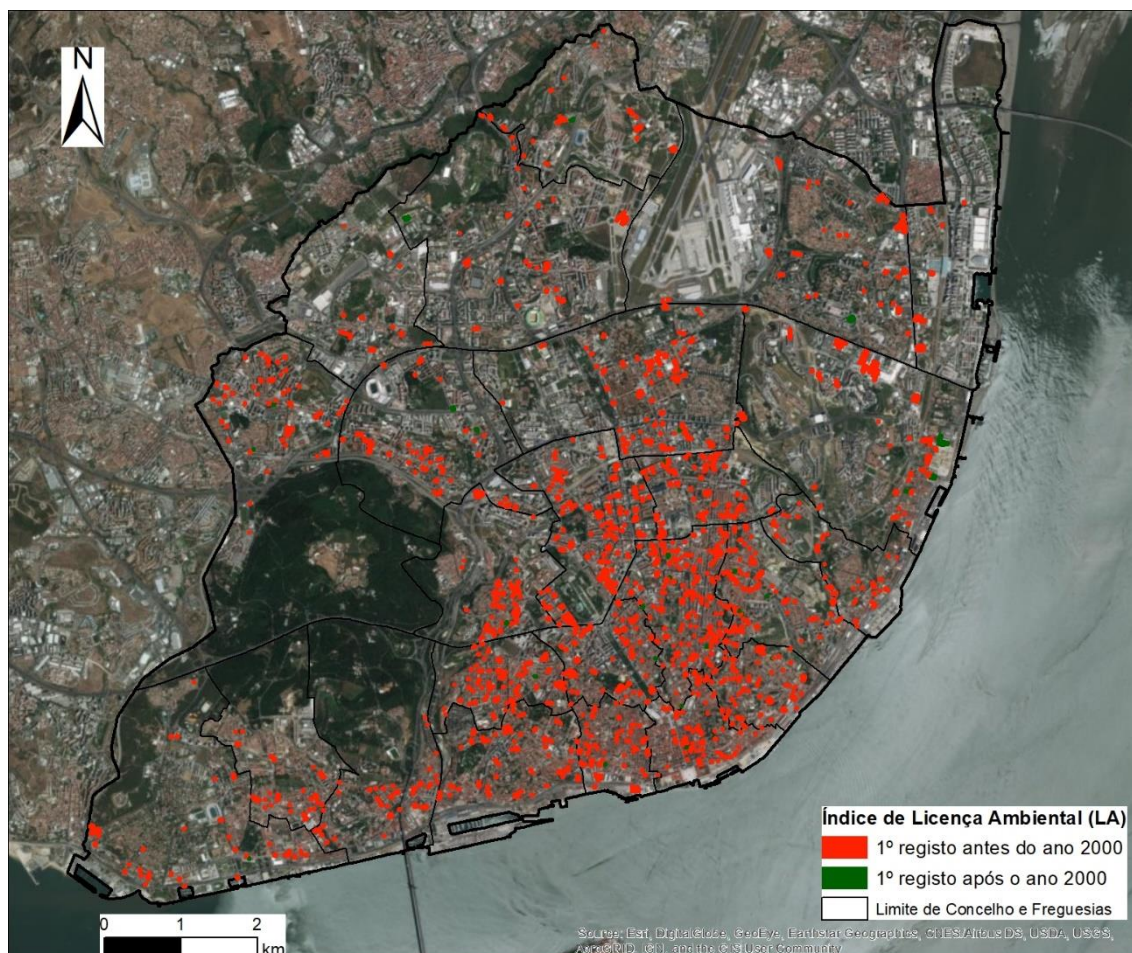


Figura 4.17 – Localização das atividades consoante o índice LA (concelho de Lisboa).

Pela figura e pela Tabela 4.10, observa-se que as indústrias analisadas estão, em 98%, registadas antes do ano 2000, pelo que se consideram sem licença ambiental, o que implica que, no caso de ter existido produção de resíduos potencialmente contaminantes, estes podem ter contribuído para uma potencial contaminação do solo. Consequentemente, os 2% de indústrias registadas após o ano 2000 têm uma menor probabilidade de contaminação do solo, por já serem obrigadas à realização de um licenciamento ambiental. O índice LA decorre de informação sobre a data do primeiro registo da atividade, assumindo-se que este se refere à data de início de atividade do local. Caso o registo seja anterior à data de entrada em vigor do Decreto-Lei 194/2000 de 21 de agosto de 2000, (relativo ao licenciamento das atividades económicas), o local é penalizado em uma unidade.

Índice de Área (A)

O *Índice de Área (A)* discrimina o tamanho do local onde pode ocorrer a fonte de contaminação. Por prevenção e segurança, e na ausência de histórico, uma área maior penaliza a classe de perigosidade, isto porque, no caso de uma área maior ter produção de resíduos potencialmente perigosos, se esta for pontual, o problema de contaminação pode ser menor, mas, se esta for dispersa pela área, pode tornar-se num problema de contaminação potencial mais grave. Na Figura 4.18 encontra-se o mapa deste índice e quais os locais com maior ou menor área.

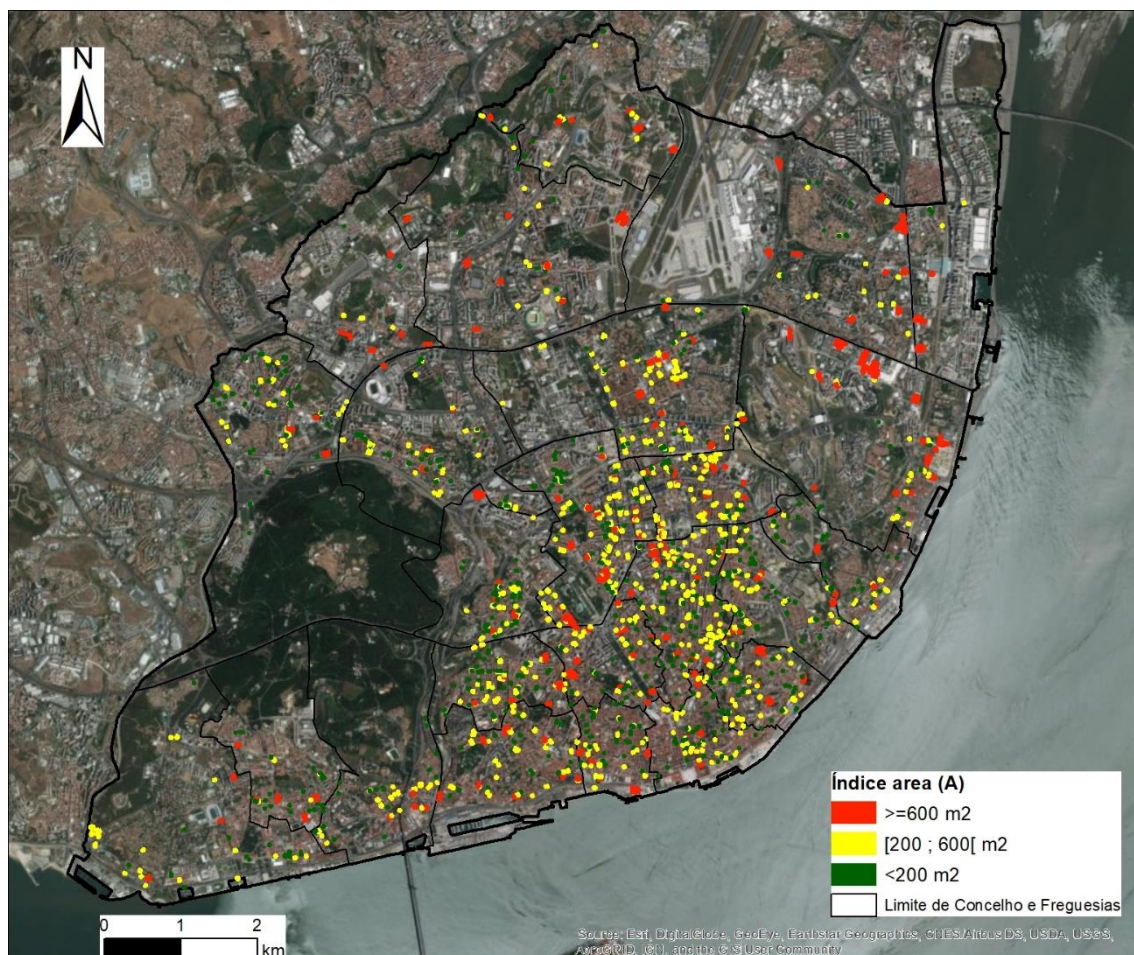


Figura 4.18 – Localização das atividades consoante o índice A, no concelho de Lisboa (buffer 25m).

Pela figura anterior e pela Figura 4.14, verifica-se que as áreas a verde e a amarelo são as mais abundantes, com 45% e 43% de ocorrências, respetivamente. Já as áreas vermelhas, ocorrem apenas em 12% do total.

Índice de Estado de Atividade (EA)

O índice de *Estado de Atividade* (EA) determina se as atividades se encontram ativas ou encerradas. O mapa seguinte contém todos os locais encerrados ou ativos. Este mapa é útil na medida em que permite a escolha de locais “não ativos” e “não perigosos” para futuros trabalhos, após o cruzamento com o mapa de classes de perigosidade.

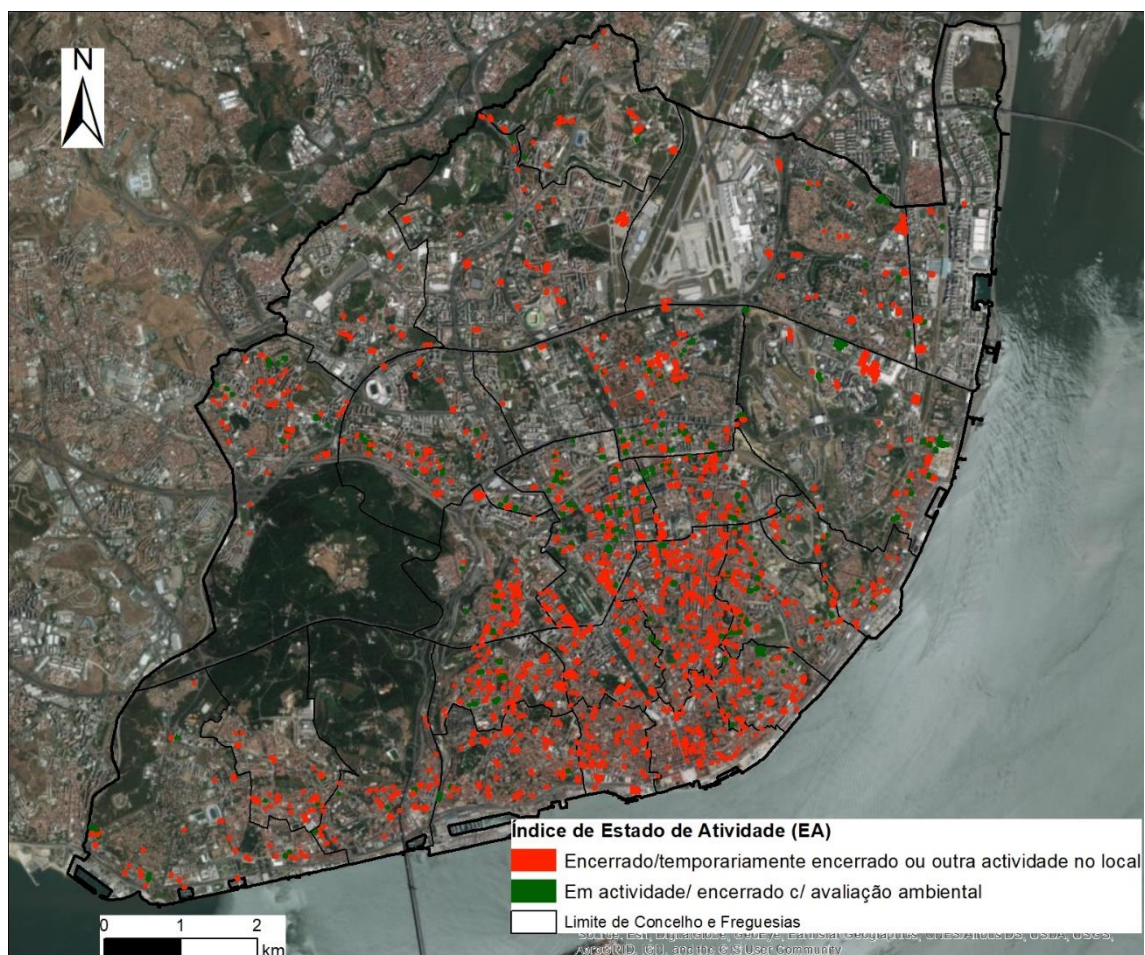


Figura 4.19 – Localização das atividades consoante o índice A (concelho de Lisboa).

Pelos dados que se observam nas Figura 4.19 e Figura 4.14, existem cerca de 80% de indústrias que se encontram encerradas ou com outra atividade no local, e cerca de 20% em atividade, atualmente.

Índice de depósitos (Dp)

O *Índice de Depósitos* (Dp) permite determinar os locais onde existem depósitos enterrados e/ou com substâncias perigosas, nos solos. No mapa da figura seguinte, apresenta-se a localização dos locais classificados em termos de existência de Dp.

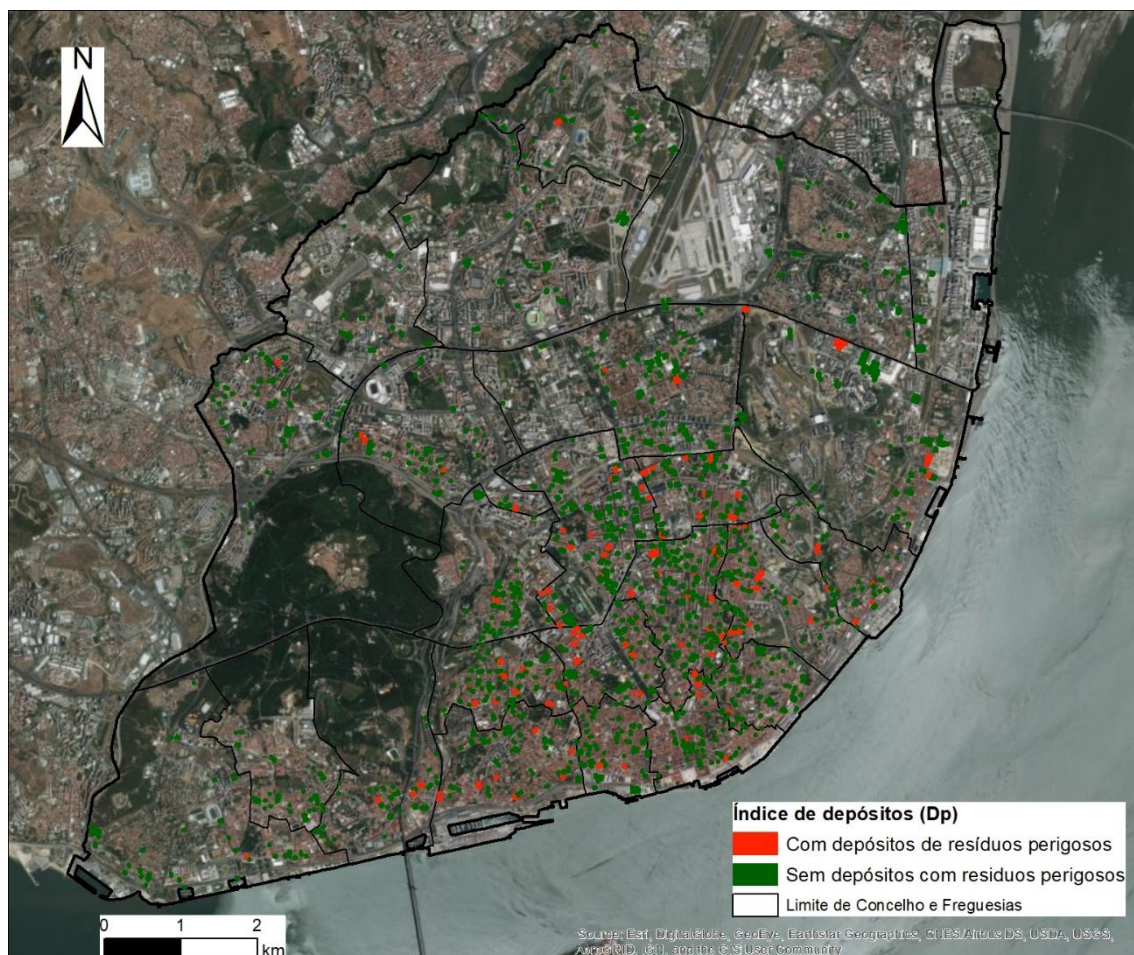


Figura 4.20 – Localização das atividades consoante o índice de depósitos de líquidos inflamáveis (concelho de Lisboa).

Os depósitos de resíduos inflamáveis localizam-se na zona central com concelho (maioritariamente nas freguesias de Avenidas Novas, Arroios, Alvalade e Penhas de França) e correspondem maioritariamente a locais de antigos postos de abastecimento, como se pode deduzir pela Figura 4.6.

4.4.4 Resultados das Classes de Perigosidade (CP)

A aplicação das Equação 3.2 e Equação 3.3 aos locais categorizados, segundo os índices dos parâmetros apresentados nas Tabela 3.2 e Tabela 3.3, permitiram a classificação de cada AE em classes de perigosidade cuja localização se apresenta na figura seguinte.

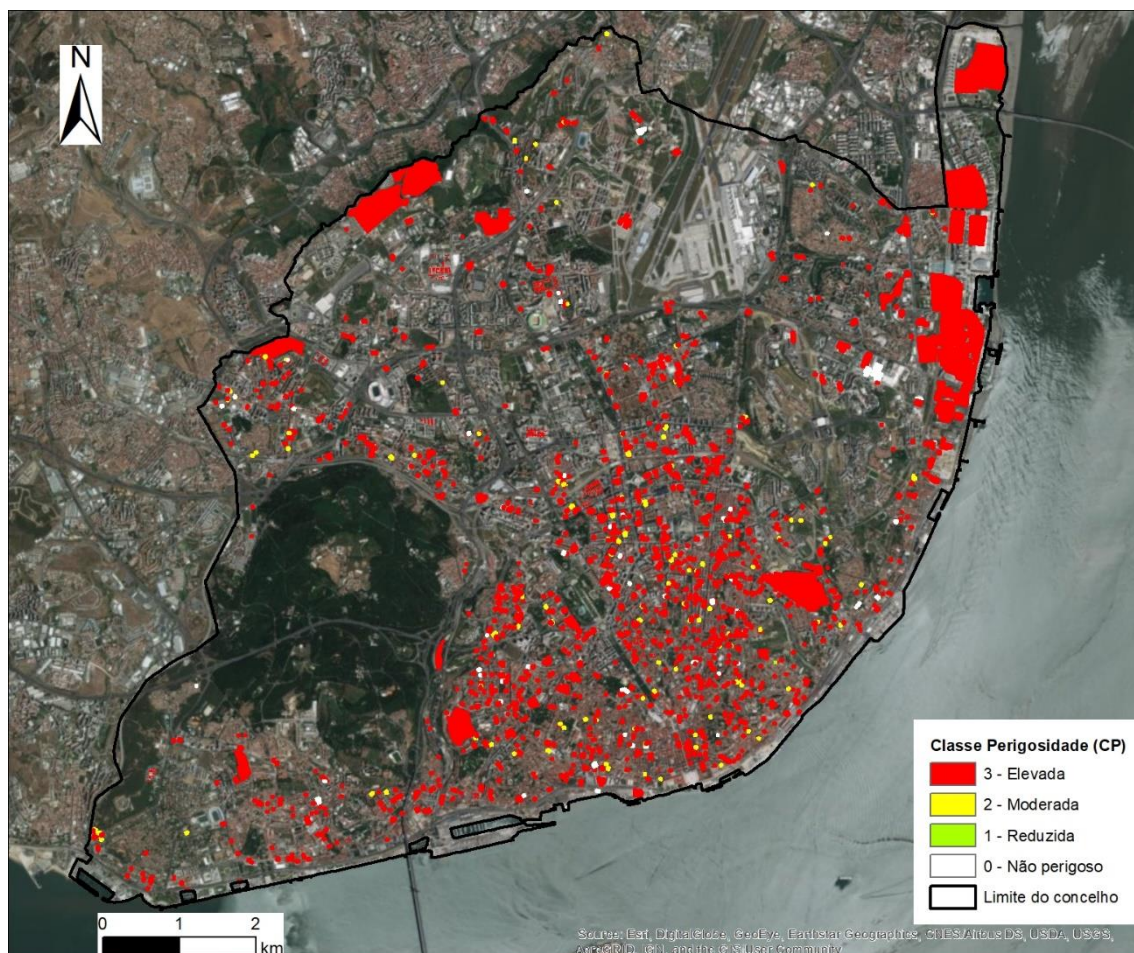


Figura 4.21 – Localização das AE classificadas em Classes de Perigosidade potencial (concelho de Lisboa).

Pela análise da Figura 4.21 e 4.14, observa-se que:

- a classe predominante (cerca de 88% dos locais inventariados) é a de perigo “elevada”, que se encontra dispersa por todo o concelho de Lisboa, com exceção da zona do Aeroporto e da zona de Monsanto;
- as maiores áreas, classificadas com classe de perigosidade “elevada”, correspondem a zonas de antigos depósitos localizados no Parque das Nações, aos dois aterros de resíduos sólidos urbanos existentes no concelho, às áreas ocupadas pelos 10 cemitérios, às zonas de localização das ETAR e também às áreas correspondentes aos hospitais;
- 9% das atividades têm uma classe de perigosidade “moderada”;

- apenas 3% das atividades analisadas foram classificadas com a classe “não perigoso”;
- 1% das atividades apresentam uma classe de perigosidade “reduzida”;

4.5 Etapa 2 - Estimação do Risco à contaminação

Como explícito no capítulo anterior, o risco é calculado através do produto entre a vulnerabilidade e a perigosidade.

Consideraram-se, como perigo potencial, as classes de perigosidade sintetizadas em 3 categorias (reduzido, moderado e elevado) e como vulnerabilidade, o meio geológico classificado em 3 classes de vulnerabilidade, tal como apresentado na Tabela 4.11.

4.5.1 Estimação da vulnerabilidade do meio geológico

Considerou-se como “alvo”, ou recetor primário, do modelo de risco (fonte – trajeto - alvo) o meio geológico traduzido pela permeabilidade (ou sensibilidade) do meio litológico, convertida em classes de vulnerabilidade, face a uma potencial fonte de contaminação. Para a classificação do substrato geológico do concelho em graus de vulnerabilidade, foi utilizada a informação geológica das cartas 34-B e 34-D, à escala 1:25000 (Costa, 2005; Pais et al, 2006).

Classificação das unidades geológicas numa escala de vulnerabilidade

Na Tabela 4.11 apresenta-se a listagem das unidades litológicas que afloram com concelho classificadas em termos de permeabilidade do meio (Costa *et al*, 2007a e 2007b), convertida em três classes de vulnerabilidade: classe 3 – vulnerabilidade elevada, classe 2 – moderada e classe 1 – vulnerabilidade reduzida.

Tabela 4.11 – Classes de vulnerabilidade atribuídas à permeabilidade do meio, segundo Costa et al, 2007a e 2007b.

Unidades litológicas	Permeabilidade do meio	Classe de Vulnerabilidade	
Aluviões e aterros	poroso com permeabilidade variável	2	moderada
Cplx. Vulcânico de Lisboa	fissurado com permeabilidade variável	2	moderada
Cplx. Vulcânico de Lisboa: rochas piroclásticas	poroso com permeabilidade variável	2	moderada
Filões e massas de basalto	fissurado com permeabilidade variável	2	moderada
Fm. Areias com Placuna miocénica (MVa2)	poroso permeável	3	elevada
Fm. Areias com Placuna miocénica (MVa2): intercalação calcária	poroso/fissurado com permeabilidade variável	2	moderada
Fm. Areias de Quinta do Bacalhau (MVb)	poroso permeável	3	elevada
Fm. Areias de Vale de Chelas (MVb)	poroso permeável	3	elevada
Fm. Areolas de Braço de Prata (MVIIa)	poroso/fissurado com permeabilidade variável	2	moderada
Fm. Areolas de Cabo Ruivo (MVIIa)	poroso/fissurado com permeabilidade variável	2	moderada
Fm. Areolas de Estefânia (MII)	poroso com permeabilidade variável	2	moderada
Fm. Argilas de Forno do Tijolo (MIVa)	poroso permeável	1	reduzida
Fm. Argilas de Xabregas (MVIa)	poroso permeável	1	reduzida
Fm. Argilas Prazeres (MI): argilitos e calcários	poroso permeável	1	reduzida
Fm. de Benfica: conglomerados, arenitos e argilitos	poroso/fissurado com permeabilidade variável	2	moderada
Fm. de Benfica: intercalações calcárias (Calcários de Alfomelos)	fissurado com permeabilidade variável	2	moderada
Fm. de Bica: calcários com rudistas	cársico permeável	3	elevada
Fm. de Caneças: calcários, margas, arenitos e dolomitos	poroso/fissurado permeável	3	elevada
Fm. Calcários de Casal Vistoso (MVa1)	poroso/fissurado com permeabilidade variável	2	moderada
Fm. Calcários de Entre-Campos ("Banco Real")(MIII)	fissurado permeável	3	elevada
Fm. Calcários de Marvila (MVIc)	poroso/fissurado com permeabilidade variável	2	moderada
Fm. Calcários de Musgueira (Mva3)	fissurado permeável	3	elevada
Fm. Calcários de Quinta Conchas (MVc)	poroso/fissurado com permeabilidade variável	2	moderada
Fm. Grãos Grilos (MVIb)	poroso permeável	3	elevada

Cplx. – Complexo

Fm. – Formação

Na Figura 4.22 apresenta-se a área do concelho de Lisboa classificada em classes de vulnerabilidade, segundo a tipologia do substrato rochoso e os locais de AE classificados em classes de perigosidade.

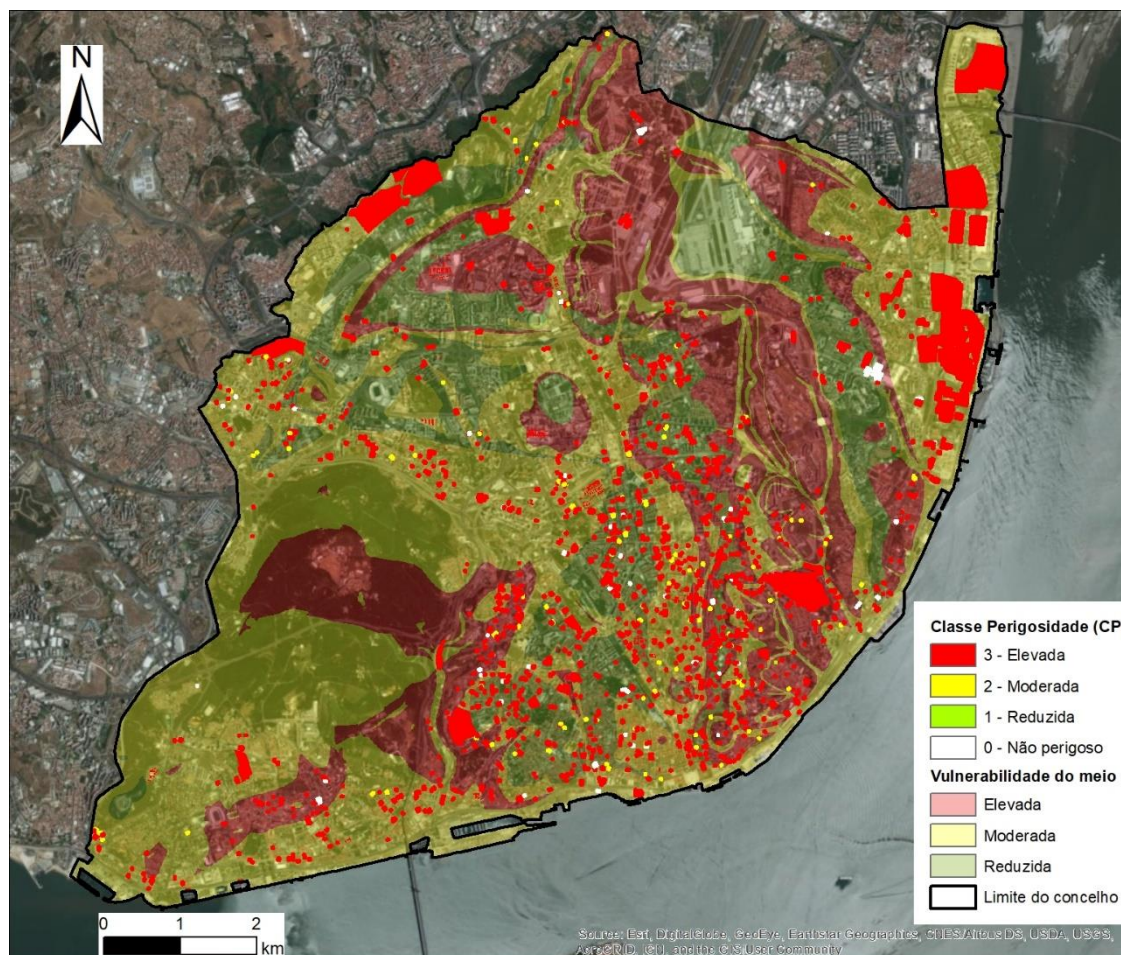


Figura 4.22 – Vulnerabilidade do meio e perigosidade das atividades.

É de referir que, em algumas situações, as atividades económicas se localizam em áreas classificadas com diferentes classes de vulnerabilidade, o que deverá ser refletido no mapa final de classes de risco.

4.5.2 Estimação do Risco de contaminação dos terrenos

Os valores de risco são obtidos pela aplicação da Equação 3.3 em ambiente SIG. Na Figura 4.23 apresentam-se os locais avaliados, classificados em valores de “índice de risco”, conforme a figura 3.4.

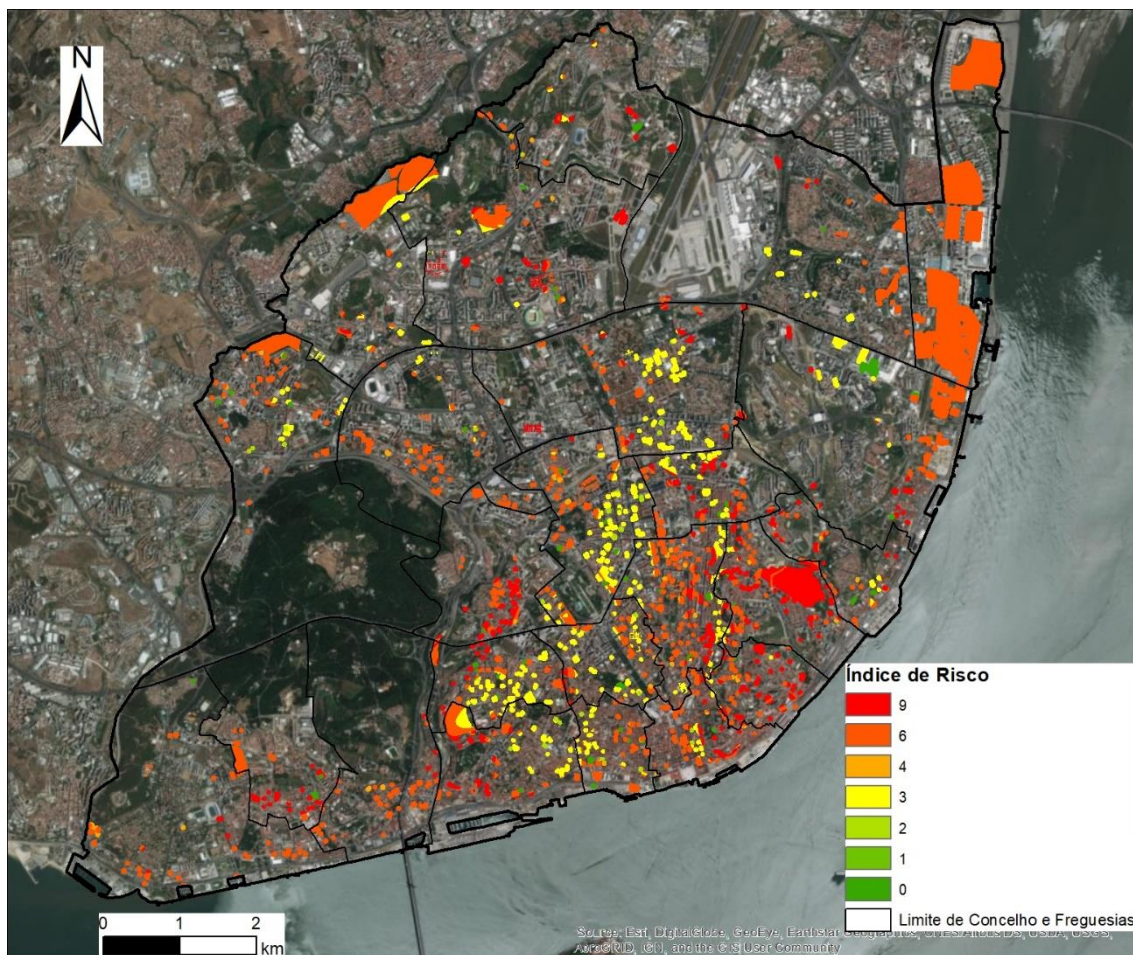


Figura 4.23 – Mapa de risco potencial resultante da análise dos dados anteriores.

Pela leitura da figura anterior identificam-se as zonas do concelho onde ocorrem as situações de maior risco de contaminação face às características da atividade desenvolvida no local e, também, à vulnerabilidade do meio em que ocorrem.

Na tabela seguinte apresenta-se a percentagem das áreas ocupadas pelos locais para cada índice de risco.

Tabela 4.12 – Área ocupada pelas indústrias para cada índice de risco.

Índice de Risco	Área dos locais inventariados	% Área de locais Inventariados
0	219300	2.61
1	1500	0.02
2	104072	1.24
3	1501940	17.90
4	135532	1.62
6	4917352	58.60
9	1511068	18.01
Área total dos locais inventariados	8171464	100

Verifica-se que:

- da área total ocupada pelos locais inventariados, cerca de 59% apresenta índice de risco 6 (elevado);
- dos 1863 locais inventariados, cerca de 2.6% não apresentam risco para o meio (índice de risco 0).

Com base no cálculo do risco (Tabela 3.4 e Equação 3.4) foram reclassificados os índices de risco em três classes, resultando o mapa da Figura 4.24.

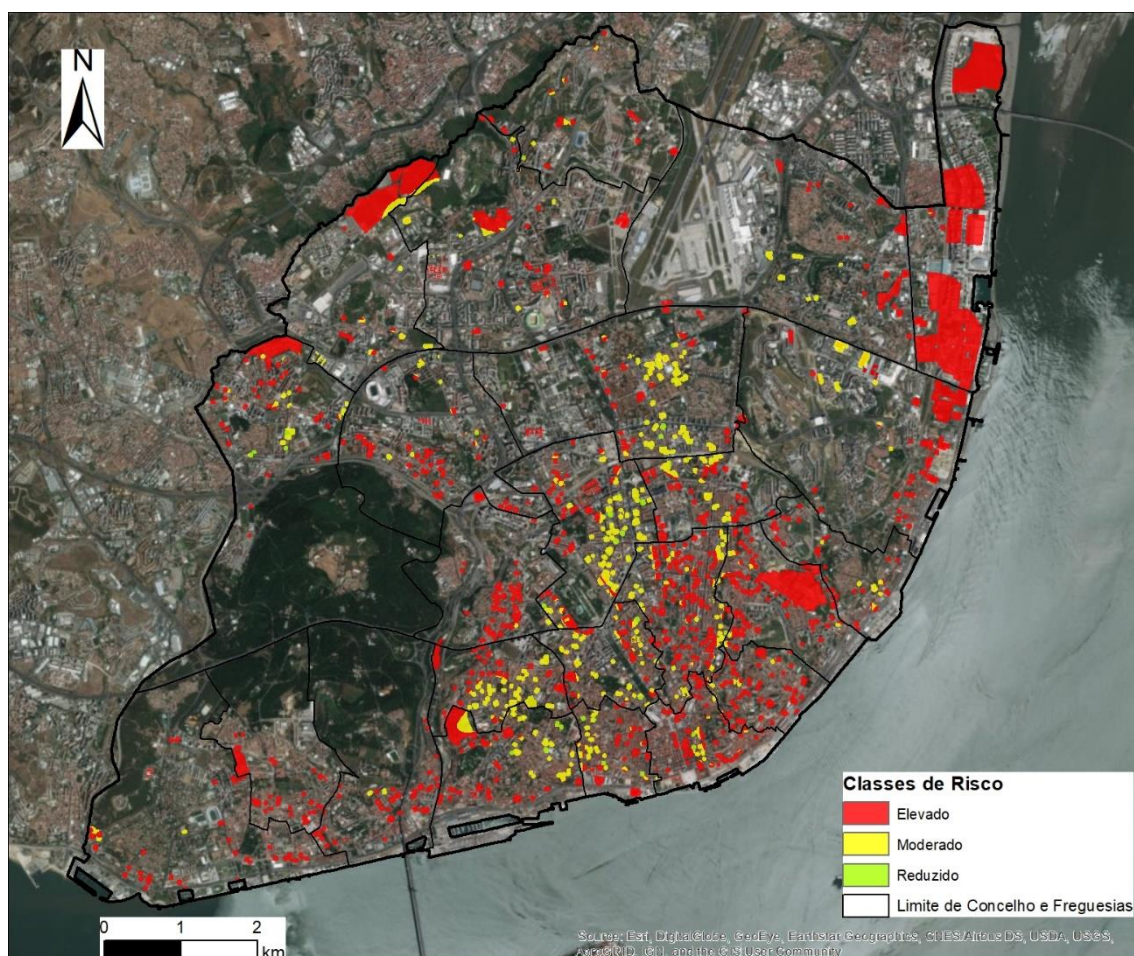


Figura 4.24 – Mapa de Classes de Risco no concelho de Lisboa.

A Tabela 4.13 apresenta a proporção das áreas de risco potencial, relativamente à área total ocupada pelas atividades e, também, à área do concelho.

Tabela 4.13 – Área ocupada pelas diferentes classes de risco.

Índice de Risco	Classe de Risco	Área total da classe (m ²)	Área contaminada (locais potencialmente contaminantes) (%)	Área potencialmente contaminadas no concelho (%)
1	Reduzido	105572	1.3	0.1
2				
3	Moderado	1637472	20.0	1.9
4				
6	Elevado	6428420	78.7	7.5
9				

Pela análise dos dados obtidos, conclui-se:

- a classe de risco elevado de contaminação corresponde a cerca de 7,5% da área do concelho de Lisboa;
- as classes de risco moderado e reduzido constituem cerca de 2% da área do concelho de Lisboa.

As classes de risco dão uma informação acerca dos locais com possível risco de contaminação, que pode ser relacionada com o tipo de indústrias existentes em cada local.

A Figura 4.25 apresenta as classes de risco, a vulnerabilidade do meio e os limites das freguesias do concelho.

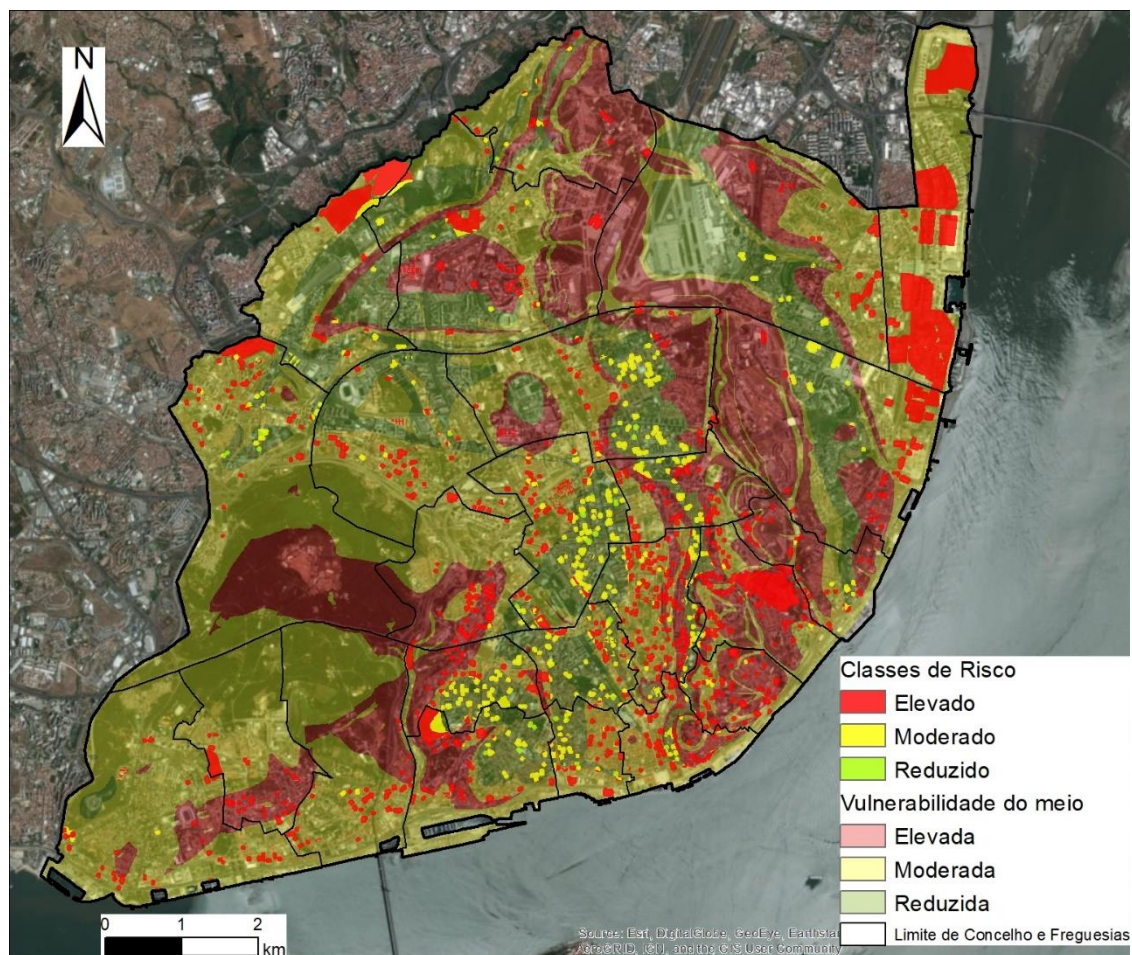


Figura 4.25 – Classes de risco por freguesia e vulnerabilidade do meio geológico.

Pela leitura dos gráficos da Figura 4.8 e respetiva localização das AE (Figura 4.25), (com exceção dos cemitérios, ETARS, aterros e hospitais), verifica-se que:

- a freguesia que apresenta maior risco de contaminação potencial é a de Arroios. Esta situação resulta, não apenas pelo facto de ser a freguesia que apresenta maior número de AE por hectare, na sua grande maioria relacionadas com reparação de automóveis e postos de abastecimento (que só por si, apresentam PP elevado), como também pelo facto de se localizar numa zona de moderada e elevada vulnerabilidade do meio geológico;
- Campo de Ourique apresenta-se como sendo a segunda freguesia com mais densidade de atividade por hectare e no entanto, ao se observar na carta de risco, esta encontra-se com a maior parte das atividades com risco moderado, e apenas uma pequena fração com classe de risco elevado (onde se observa um meio de elevada vulnerabilidade). Comparativamente à freguesia de Arroios, esta apresenta maior vulnerabilidade do meio geológico;

- os hospitais do concelho, embora sejam classificados na mesma classe de perigosidade (elevada, devido à tipologia dos resíduos potencialmente produzidos) apresentam diferentes classes de risco, dado que se localizam em zonas de diferentes classes de vulnerabilidade: 31% dos hospitais localizam-se numa zona de vulnerabilidade Reduzida, 52% numa Moderada e 17% numa Elevada;
- tanto os dois aterros de resíduos urbanos inventariados como as ETAR apresentam Classe de Risco Elevado e encontram-se em meios de vulnerabilidade Moderada;
- a zona do Parque das Nações, onde se localizam os Antigos Depósitos, trata-se de uma zona com contaminação já conhecida. Esta encontra-se com Risco elevado porque, para além de ser uma zona com perigosidade Elevada, é também localizada num local de vulnerabilidade Moderada;
- relativamente aos cemitérios, verifica-se que apenas um, com a menor área, se localiza num meio de vulnerabilidade reduzida, o que o torna um local de Risco moderado de contaminação. Os restantes, que se localizam em meios de vulnerabilidade Moderada e Elevada, apresentam risco elevado do estado de contaminação do meio.

Os locais que apresentam classe de risco ficam obrigados a medidas de avaliação do estado ambiental, conforme descrito na etapa seguinte (Etapa 3).

4.6 Etapa 3 - Medidas de investigação a adotar

Após a avaliação do risco em cada local, e caso se verifique o potencial de risco, deverão ser adotadas, antes do pedido de licenciamento, as seguintes medidas de investigação:

- (i) Fase de Investigação preliminar – a adotar em todas as situações de risco (classe de risco reduzido, moderado e elevado).

Nesta fase, deverão ser tomadas as seguintes medidas:

- verificação e validação dos parâmetros de perigosidade considerados no modelo de risco, tanto na fonte, como no trajeto/alvo: se se verifica a ocorrência de resíduos, identificação da tipologia dos contaminantes (por métodos expeditos e/ou métodos diretos), verificação da área de implementação do local, existência de licença ambiental, se o local se encontra em atividade);
- medição do nível freático e avaliação da permeabilidade dos terrenos;
- elaboração de um relatório de investigação preliminar que identifique indícios de contaminação desse solo. Em caso de existência de indícios de contaminação, deve ser realizado um modelo concetual de contaminação e um plano de prospecção ambiental e passar a fase de investigação exploratória.

- (ii) Fase de investigação exploratória – a adotar para as classes de risco moderado e elevado. Deverá contemplar:

- um plano de amostragem para os solos, para os resíduos e para as águas (superficiais e subterrâneas);
- os ensaios para a determinação analítica dos principais contaminantes, a caracterização dos resíduos quanto à perigosidade e destino final, a determinação das propriedades do meio (nível freático, direcção de fluxo, permeabilidade dos terrenos);
- a quantificação dos principais contaminantes, do tipo de resíduos e a estimação do estado de contaminação dos solos e das águas;
- deve ser apresentado um relatório que identifique o estado de contaminação dos terrenos e os ensaios e medidas a adotar para a avaliação e mitigação do risco de exposição aos terrenos contaminados. Caso se confirme a contaminação deverá passar-se à fase seguinte.

- (iii) Fase de investigação detalhada - a adotar para as classes de risco elevado.

- deverá ser realizado um plano de amostragem para os solos, para os resíduos e para as águas (superficiais e subterrâneas);
- realização de um modelo de risco e cálculo do volume de solos contaminados/resíduos;
- avaliação quantitativa do risco para a saúde humana e o ambiente;
- deve ser apresentado um relatório com as medidas de mitigação a adotar em caso de risco de exposição aos terrenos contaminados e respectivo plano de monitorização.

Tal como apresentado em 3.3.3, o Plano de Amostragem deverá referir:

- a identificação do meio a amostrar (solo, águas, resíduos);
- a quantidade e localização de pontos de amostragem;
- planta do local, georreferenciada, escala 1/500 ou 1/1000, com a localização dos locais a amostrar
- o número de amostras e a profundidade do meio a amostrar, a geometria da malha, o método de amostragem a utilizar, tipo de amostra (simples ou compósita) e dimensão;
- embalagem, rotulagem, preservação e transporte das amostras;
- sistema de controlo de qualidade;
- a tipologia dos ensaios a realizar *in situ* e os métodos e equipamentos a utilizar;
- o programa analítico, com indicação dos contaminantes a analisar, selecionados com base no histórico de atividade do local, identificação dos métodos analíticos, normas e limites de quantificação compatíveis com as normas propostas;
- periodicidade dos ensaios e da amostragem a realizar;
- profundidade prevista de recolha das amostras em cada ponto de amostragem (a profundidade da sondagem deverá garantir a interseção e avaliação do substrato terroso e/ou rochoso) e justificação dessa escolha;
- entidade(s) selecionada(s) para a recolha das amostras;
- laboratório(s) selecionado(s) para a realização do programa analítico, com indicação da respetiva acreditação, se disponível.

Para todas as situações de classes de risco, deverá ser definido um plano de monitorização da qualidade dos terrenos (solos e águas, subterrâneas ou superficiais).

5 Discussão de resultados e considerações finais

A metodologia apresentada serve de ferramenta chave em processos de pedido de licenciamento de obra em meio urbano na medida em que permite identificar situações de risco potencial de contaminação dos terrenos, numa fase preliminar de diagnóstico do estado ambiental do local.

Com base em informação sobre o histórico de ocupação do local e a vulnerabilidade do meio interessado pela obra, é produzido um mapa de risco potencial de contaminação que servirá de base de decisão quanto à necessidade de realização de estudos de investigação complementares e promover ações de minimização de risco.

Os dados disponibilizados para o desenvolvimento do trabalho referem-se ao registo das atividades económicas desenvolvidas no concelho de Lisboa, entre os anos de 1950 a 2007. A informação disponibilizada consistiu num conjunto de ficheiros georreferenciados com informação sobre a tipologia das atividades económicas desenvolvidas no concelho. Desses ficheiros, foram analisados um total de 1864 locais, dos quais 1787 correspondem a atividades “potencialmente contaminantes”, a dois registos de aterros de resíduos sólidos urbanos, 3 ETAR, 10 cemitérios, 28 hospitais e 34 antigos depósitos.

Numa primeira fase de avaliação, os locais foram classificados quanto à sua perigosidade potencial, com base numa estimativa da probabilidade de terem sido produzidos, ou não, resíduos perigosos durante o período de laboração da atividade. Esta avaliação baseou-se na tipologia de atividade descrita no código de atividade económica (CAE) e respetiva correspondência com as atividades constantes no documento relativo Nomenclatura Estatística das Atividades Económicas (NACE) de forma a identificar os potenciais resíduos produzidos e respetiva perigosidade dos mesmos, através do código da Lista Europeia de Resíduos (LER). Consoante as características de cada atividade (área de ocupação, data de início da sua atividade, ativa ou encerrada, e ocorrência ou não de depósitos no local), estas são reclassificados em 3 classes de perigosidade (reduzida, moderada e elevada).

Dos 1787 registos com tipologias de atividades, é de referir que cerca de 33 indústrias do ficheiro “outras indústrias com potencial de contaminação” não tinham correspondência entre o CAE e a descrição de atividade.

Nos casos em que os códigos das atividades económicas (CAE) registados não apresentaram correspondência com os CAE atuais considerou-se que os resíduos potencialmente produzidos no local correspondem à situação mais penalizante e, caso não exista registo de CAE para a descrição da atividade do local atribui-se, por prevenção, a situação de Perigosidade Potencial mais gravosa (ou seja, PP=5).

Uma vez que nem todas as atividades descritas constam do Guia Europeu para a Classificação de Resíduos, foi utilizado para a sua classificação o Manual de Classificação de Resíduos (APA, 2017).

Tendo em consideração a tipologia dos resíduos produzidos, as atividades foram agrupadas em 6 categorias, sendo estas: postos de abastecimento, reparação de veículos, drogarias e afins, construção e afins, outras indústrias e alimentar.

Deve evidenciar-se que a atribuição de uma perigosidade potencial a um local onde apenas se possui informação sobre o histórico de atividade desenvolvida, é um processo, além de moroso, “meramente indicativo”, não havendo confirmação da efetiva produção ou quantidade de resíduos perigosos, pelo que deve ser sempre necessária uma avaliação preliminar.

Após categorização dos locais, procedeu-se à avaliação do risco potencial de contaminação dos terrenos, e foi possível a atribuição de classes de perigosidade a cada um dos 1864 locais.

Relativamente às **classes de perigosidade das atividades económicas**, conclui-se que, para os locais inventariados:

- cerca de 88% correspondem a locais com classe de perigosidade “elevada”. Estes locais encontram-se dispersos por todo o concelho de Lisboa, com exceção da zona do Aeroporto e da zona de Monsanto.
- as áreas mais extensas classificadas como classe de perigosidade “elevada” correspondem às zonas de antigos depósitos localizados no Parque das Nações, aos aterros de resíduos sólidos urbanos, às áreas ocupadas pelos cemitérios, áreas das ETAR e áreas correspondentes aos hospitais, no concelho.

Relativamente às **classes de vulnerabilidade do meio geológico**, conclui-se que:

- cerca de 33% do meio geológico foi classificado com classe de vulnerabilidade “elevada”, 54% com vulnerabilidade “moderada” e 13% com vulnerabilidade “reduzida”.

Relativamente às **classes de risco de contaminação dos terrenos**, conclui-se que:

- 7,5% da área do concelho de Lisboa foi classificada com uma classe de risco “elevado”;
- As restantes classes de risco (“moderado” e “reduzido”) constituem cerca de 2% da área do concelho de Lisboa.

A metodologia adotada permitiu a elaboração de um mapa de risco potencial de contaminação dos solos, que considerou a maior ou menor vulnerabilidade do meio à sua propagação.

O facto de o modelo SIG ter sido desenvolvido com os dados em estrutura matricial, apresenta algumas condicionantes que deverão ser analisadas individualmente, nomeadamente o efeito de “barreira” originado pela ocorrência de unidades litológicas com vulnerabilidade reduzida, dando origem a “áreas de risco” em zonas onde poderá não existir influência da pluma de contaminação (vide casos 2 e 3 na Figura 5.1 e Tabela 5.1).

Refere-se também a situação ilustrada na Tabela 5.1 (Caso 1) em que se observa a ocorrência de dois polígonos contíguos, sobrepostos na sua área de influência (*buffers*), que apresentam classes de risco distintas. Nesta situação, a classe que deverá prevalecer em ambos os polígonos deverá ser a classe de risco mais elevada. Como se verifica na figura seguinte, com o modelo matricial desenvolvido esta situação não é cumprida.

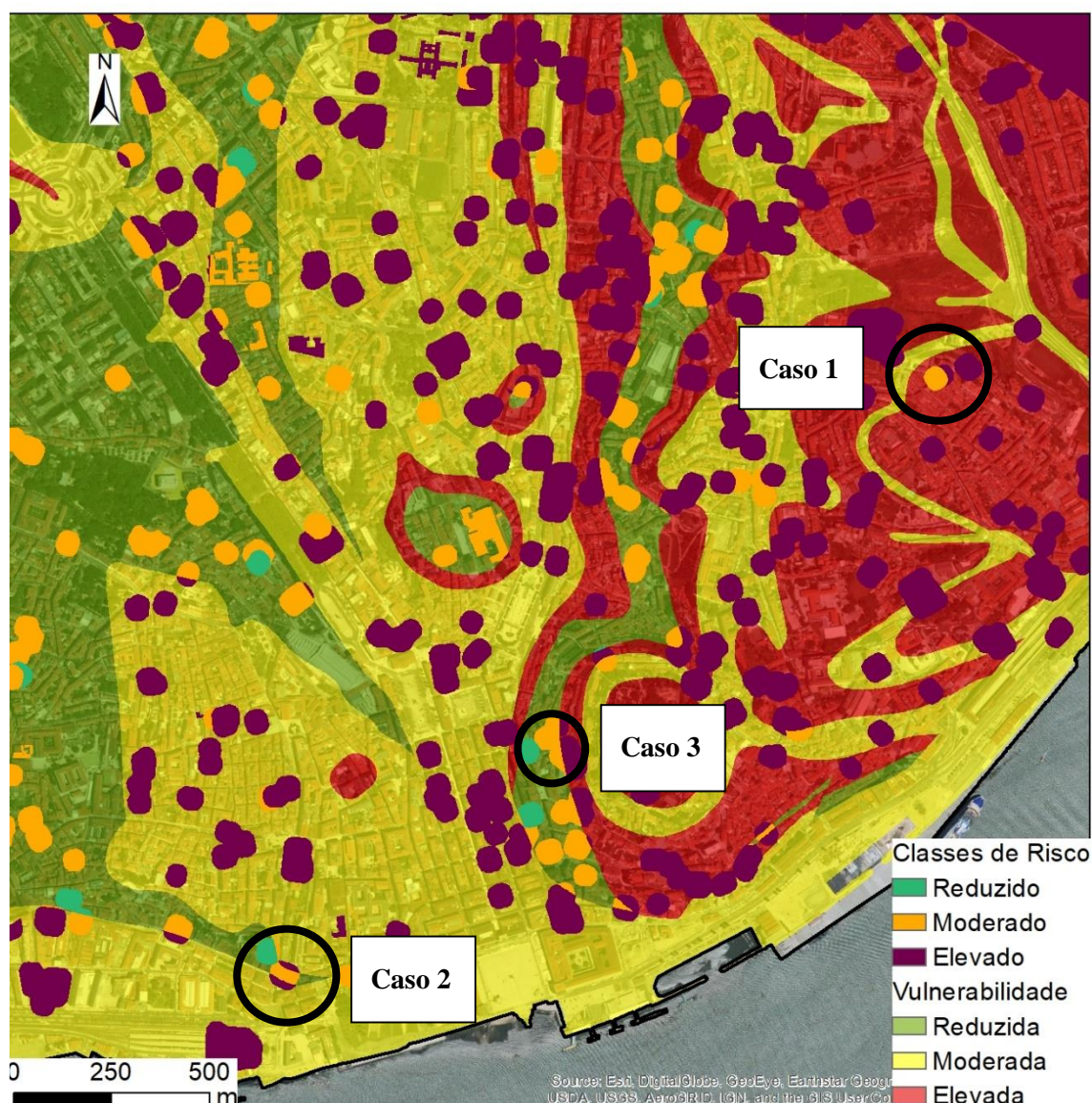


Figura 5.1 – Classes de risco e vulnerabilidade do meio. Exemplo de casos particulares.

Na Tabela 5.1, apresentam-se os valores de risco estimados pelo produto das matrizes de vulnerabilidade e de perigosidade, para os casos 2 e 3.

Tabela 5.1 – Índices de Risco aplicados aos casos 2 e 3.

Índices de Risco		Classe Perigosidade da fonte (CP)		
		Reduzida	Moderada	Elevada
Classe de vulnerabilidade do meio geológico		1	2	3
Reduzida	1	1	2 (fonte caso 3)	3 (Fonte caso 2)
Moderada	2	2	4	6 (propagação caso 2)
Elevada	3	3	6 (propagação caso 3)	9

A metodologia apresentada permitiu uma estimativa aproximada do estado de qualidade ambiental dos terrenos em meio urbano, numa fase preliminar de pedido de licenciamento de obra.

Importa realçar que, a não existência de informação qualitativa relativa à espessura das unidades geológicas e ao seu desenvolvimento em profundidade é um fator que limita a avaliação das condições de propagação e mobilidade dos potenciais contaminantes no meio e dificulta a demarcação das zonas de influência do foco de contaminação. Assim, com vista a contornar esta lacuna de informação, como trabalho futuro propõe-se:

- produção e utilização de uma escala de cartografia geológica mais refinada (como a da cartografia municipal que se encontra à escala 1:5000);
- medição do nível freático para determinação: (i) da zona de transição entre o meio não saturado e saturado, que condiciona os métodos e procedimentos de amostragem dos solos e das águas subterrâneas (equipamentos e amostradores, tipologia dos contaminantes expectáveis, profundidade da amostragem) e; (ii) a avaliação da direção de fluxo das águas subterrâneas, para determinação da direção da pluma de contaminação e identificação dos potenciais alvos;
- realização de ensaios expeditos de permeabilidade dos solos para a estimação do potencial de mobilidade dos contaminantes no meio e tempo de propagação da pluma de contaminação ao alvo;
- implementação da metodologia apresentada para estrutura vetorial, com vista a considerar o “efeito de barreira” de algumas unidades do meio geológico à propagação da contaminação.

Dado que a avaliação do perigo potencial de cada local depende da qualidade dos dados referentes às atividades desenvolvidas no local, e em particular, da informação sobre a tipologia e quantidade de resíduos potencialmente produzidos, propõe-se que sejam consideradas as seguintes ações, relativamente aos dados de entrada do modelo:

- revisão do histórico de ocupação dos locais inventariados com base em informação complementar de fotografia aérea de datas anteriores à ocupação atual. Este procedimento permitirá validar a existência de potenciais resíduos ou depósitos enterrados;
- revisão periódica da Base de Dados no que respeita à informação relevante para a avaliação do potencial risco do local, em particular, a revisão dos CAE, dado que esta informação é fundamental para a estimativa do perigo potencial do local, face à tipologia dos resíduos potencialmente produzidos por essa atividade;

O perigo potencial do local (traduzido por um Índice de Perigosidade Potencial), funciona como elemento de decisão para que se proceda à categorização do local em classes de perigosidade que traduzam, não só as características de perigosidade dos resíduos potenciais como também outras características do local, que poderão afetar de forma indireta o grau de perigo a atribuir.

Assim, antes da tomada de decisão para o licenciamento de obra deverá ser realizada a validação da classe de risco atribuída ao local, preferencialmente com visita ao local da obra, para confirmação do estado de qualidade ambiental e avaliação dos critérios utilizados, nomeadamente, a existência de resíduos produzidos (PP), o tipo de atividade desenvolvida (CAE), a existência ou não de depósitos (Dp), e outras evidências que permitam inferir sobre o estado de contaminação dos terrenos, como por exemplo odor, cor do solo ou vestígios de derrames.

Caso não seja confirmada a existência de risco, poderá ser solicitado o pedido de licenciamento da obra. Caso a classificação do local apresente risco preliminar, deverá ser realizada uma investigação exploratória do local e, caso se justifique, uma investigação detalhada com a respetiva avaliação do risco para a saúde humana e definidas as respetivas ações de mitigação do risco, incluindo a exposição dos eventuais trabalhadores em obra no local.

Os resultados do modelo apresentado poderão servir de instrumento de decisão não só em estudos de ordenamento e planeamento do território, no âmbito dos Planos Diretores Municipais, como também são informação fundamental para empresas no ramo das atividades imobiliárias, das atividades financeiras e de seguros, e outros sectores de interesse para o desenvolvimento e crescimento urbano.

Referências bibliográficas

- APA (2007) 'Eixo Prioritário III Recuperação do Passivo Ambiental'. Agência Portuguesa do Ambiente, 27 outubro 2006, 26pp.
- APA (2016) 'Prevenção e Remediação de Danos Ambientais'. Agência Portuguesa do Ambiente, agosto 2016, 16pp.
- APA (2017) 'Guia de Classificação de Resíduos'. Agência Portuguesa do Ambiente, 16 março 2017, 120pp.
- AML (2013) 'Regulamento Municipal De Urbanização e Edificação De Lisboa'. Assembleia Municipal de Lisboa, 12 março 2013, 141pp. Disponível em: <http://www.cm-lisboa.pt/fileadmin/VIVER/Urbanismo/urbanismo/planeamento/pdm/novoOut2013/ea/RMUEL.pdf>. Acedido em: março de 2018.
- ANPC (2009) 'Guia metodológico para a produção de cartografia municipal de risco e para a criação de sistemas de informação geográfica (SIG) de base municipal'. Autoridade Nacional de Proteção Civil, setembro de 2009, 91pp.
- Arendt, F., Annokkée, G.J., Bosman, R., van den Brink, W.J (1993) 'Contaminated Soil '93: Fourth International KfK/TNO Conference on Contaminated Soil'. Springer Science & Business Media. 1004pp.
- Brito, M. (2005) 'Metodologia para a avaliação e remediação da contaminação por metais pesados em áreas industriais degradadas'. Aulas de Engenharia Geoambiental, 2005.
- Brito, M., Costa, C., Lopes, M. (2014) 'Textos de Apoio'. 2014, 39pp.
- CCME (1997) 'Guidance document on the management of contaminated Sites in Canada'. Canadian council of ministers of the environment. abril 1997, 64pp.
- CE (2011) 'Comunicação da comissão ao parlamento europeu, ao conselho, ao comité económico e social europeu e ao comité das regiões'. Roteiro para uma Europa Eficiente na utilização de recursos. Comissão Europeia, 12 de agosto de 2010, 30pp.
- CE (2014) 'Decisão da Comissão' Comissão Europeia - 18 dezembro de 2014 - que altera a Decisão 2000/ 532/ CE relativa à lista de resíduos em conformidade com a Diretiva 2008/ 98/ CE do Parlamento Europeu e do Conselho - (2014/ 955/ UE). Jornal Oficial da União Europeia, 86pp. Disponível em: <http://www.netresíduos.com/fluxosler.aspx?menuid=102&eid=461>. Acedido em: junho de 2018
- CML (2017) 'Zonas de Lisboa', Câmara Municipal de Lisboa. Disponível em: <http://www.cm-lisboa.pt>

lisboa.pt/zonas. Acedido em: julho 2018.

Comunicação da Comissão ao Conselho, ao Parlamento Europeu, ao Comité Económico e Social Europeu e ao Comité das Regiões - Estratégia temática de proteção do solo [SEC(2006)620] [SEC(2006)1165] de 22 de setembro de 2006. Bruxelas.

Costa, C., Brito, M. (2001) 'Plano estratégico de avaliação da contaminação e reabilitação dos solos no concelho do Seixal - Volume I (Texto)'. Centro de Investigação em Geociências Aplicadas, dezembro 2001, 182pp.

Costa, C., Brito, M. (2001) 'Plano estratégico de avaliação da contaminação e reabilitação dos solos no concelho do Seixal - Volume II (Anexos)'. Centro de Investigação em Geociências Aplicadas, dezembro 2001.

Costa, C. (2005) 'Notícia Explicativa de Loures - Carta 34-B' Lisboa: Laboratório Nacional de Energia e Geologia, 2011.

Costa, C., Clavijo, E., Dias, R., Kullberg, J., Ribeiro, M., Rey, J., Kullberg, M., Serralheiro, A. (2005a) – Carta geológica de Portugal na escala 1:25 000, folha 417 – Loures. Protocolo Colab. Desenv. Cart. Geol. Área Metropolitana Lisboa, INETI/IGM.

Costa, C., Clavijo, E. (2005b) – Carta geológica de Portugal na escala 1:25 000, folha 431 – Lisboa. Protocolo Colab. Desenv. Cart. Geol. Área Metropolitana Lisboa, INETI/IGM.

Costa, C. (2007) 'Disciplina de fundamentos de geotecnia'. Disponível em: http://www2.dec.fct.unl.pt/seccoes/S_Geotecnia/Fundamentos_Geotecnia/solos_contaminados.pdf. Acedido em: maio de 2018.

Costa, C., Caetano, P., Rocha, M. (2007a) 'Carta Geoambiental da AML e região envolvente – exemplos de aplicação: Classificação litológica'. Carta Geoambiental da AML e região envolvente - Reunião Técnica, Lisboa, 27 de novembro.

Costa, C., Caetano, P., Rocha, M. (2007b) 'Carta Geoambiental da AML e região envolvente – exemplos de aplicação: Carta de Permeabilidade e Estudo de escavabilidade'. Carta Geoambiental da AML e região envolvente - Reunião Técnica, Lisboa, 27 de novembro

Costa, C., Brito, M., Vendas, G., Lopes, M (2015) 'Solos Contaminados O Problema e as Soluções de Remediação'. 2015, 87pp. Disponível em: www.apemeta.pt. Acedido em: maio de 2018.

Decisão da Comissão 2014/955/EU de 18 de dezembro de 2014. Diretiva 2008/98/CE do Parlamento Europeu e do Conselho. Bruxelas.

Decreto Lei n.º 516/99 de 02 de dezembro de 1999. Diário da República n.º 280/1999, Série I-A.

Ministério do Ambiente. Lisboa.

Decreto Lei n.º 164/2001 de 23 de maio de 2001. Diário da República n.º 119/2001, Série I-A. Ministério do Ambiente e do Ordenamento do Território. Lisboa.

Decreto Lei n.º 198-A/2001 de 06 de julho. Diário da República n.º 155/2001, 1º Suplemento, Série I-A. Ministério da Economia. Lisboa.

Decreto Lei n.º 254/2007 de 12 de julho. Diário da República n.º 133/2007, Série I. Ministério do Ambiente, do Ordenamento do Território e do Desenvolvimento Regional. Lisboa.

Decreto Lei n.º 147/2008 de 29 de julho. Diário da República n.º 145/2008, Série I. Regime jurídico da responsabilidade por danos ambientais. Lisboa.

Decreto Lei n.º 173/2008 de 26 de agosto. Diário da República n.º 164/2008, Série I. Ministério do Ambiente, do Ordenamento do Território e do Desenvolvimento Regional. Lisboa.

Decreto Lei n.º 183/2009 de 10 de agosto. Diário da República n.º 153/2009, Série I. Ministério do Ambiente, do Ordenamento do Território e do Desenvolvimento Regional. Lisboa.

Decreto Lei n.º 10/2010 de 04 de fevereiro. Diário da República n.º 24/2010, Série I. Ministério do Ambiente e do Ordenamento do Território. Lisboa.

Decreto Lei n.º 73/2011 de 17 de junho. Diário da República n.º 116/2011, Série I. Ministério do Ambiente, do Ordenamento do Território e do Desenvolvimento Regional. Lisboa.

Decreto Lei n.º 60 /2012 de 14 de março. Diário da República n.º 53/2012, Série I. Ministério da Economia e do Emprego. Lisboa.

Decreto Lei n.º 127/2013 de 30 de agosto. Diário da República n.º 167/2013, Série I. Ministério da Agricultura, do Mar, do Ambiente e do Ordenamento do Território. Lisboa.

Decreto Lei n.º 150/2015 de 05 de maio. Diário da República n.º 151/2015, Série I. Ministério do Ambiente, Ordenamento do Território e Energia. Lisboa.

Decreto Regulamentar n.º. 11/2009 de 29 de maio. Diário da Republica n.º. 104/2009, Série I de 2009/05/29. Ministério do Ambiente, do Ordenamento do Território e do Desenvolvimento Regional. Lisboa

DE (1994) ‘CLR Report No 04 - Sampling Strategies for Contaminated Land’. The Centre for Research into the Built Environment, 1994, 24pp.

DEEP (2007) ‘List of Contaminates or Potentially Contaminated Sites in Connecticut’. Department of Energy & Environmental Protection. Dezembro de 2007. Disponível em: https://www.ct.gov/deep/cwp/view.asp?a=2715&q=325018&depNav_GID=1626. Acedido em janeiro de 2019.

- DGA, 'PLR activities in Denmark' Danish Geodata Agency. Disponível em: <https://eurogeographics.org/wp-content/uploads/2018/05/National-Report-of-PLR-Activities-in-Denmark-.pdf>. Acedido em: janeiro de 2019
- Dmitruk, P. (2016) 'Contaminação de solo: parâmetros de chumbo - os riscos relacionados ao descarte inadequado de materiais contendo chumbo'. Sapra Landauer, 2016. Disponível em: <https://www.sapralandauer.com.br/phillip-patrik-dmitruk/>. Acedido em: junho de 2018.
- Eurostat (2010) 'Guidance on classification of waste according to EWC-Stat categories Supplement to the Manual for the Implementation of the Regulation (EC)', Versão 2, dezembro de 2010, 82pp.
- Gazolla, F., Arruda, D., Branco, O., Carvalho, A. (2015) 'Áreas potencialmente contaminadas: um estudo do caso de Juiz de Fora/MG' Universidade Federal de Juiz de Fora, 2015, 15pp. Disponível em: <http://www.ufjf.br/srhps/files/2018/09/C6001.pdf>. Acedido em: janeiro de 2019.
- InforMEA (2001) 'Soil Pollution Act (no.370) ' Information on Multilateral Environmental Agreements. 2001. Disponível em: <https://www.informea.org/en/legislation/soil-pollution-act-no-370>. Acedido em: janeiro 2019.
- Karlen, D., Mausbach, M., Doran, J., Cline, R., Harris, R., Schuman, G. (1997) 'Soil Quality: A Concept, Definition, and Framework for Evaluation (A Guest Editorial)'. Soil Science Society of America Journal. Madison, WI: Soil Science Society of America, 10pp. Disponível em: <https://pdfs.semanticscholar.org/a0f7/fd8e56f86acdc596aa86364b49610deb2550.pdf>. Acedido em: julho de 2018.
- Lei da Água, n.º 58/2005 de 29 de dezembro. Diário da República n.º 249/2005, Série I-A. Lisboa
- LNEC (1968) 'Notas Explicativas.' Laboratório Nacional de Engenharia Civil. 1968, 18pp.
- MAOT (2015) 'Projeto Legislativo Relativo À Prevenção Da Contaminação E Remediação Dos Solos Prosolos'. Ministério do Ambiente e do Ordenamento do Território, 2015, 11pp.
- PPN (2014) 'Aterro Sanitário de Beirolas Portal do Parque das Nações'. 2014. Disponível em: <http://www.portaldasnacoes.pt/item/solos-das-petroliferas-aterro-sanitario-de-beirolas/>. Acedido em: março de 2018.

- Oliveira, B. (2009) 'Cemitérios : Impacte nas Águas Subterrâneas'. Universidade de Aveiro. 2009, 128pp.
- Pais, J.(2006) 'Notícia Explicativa de Lisboa - Carta 34-D'. Lisboa Instituto Nacional de Engenharia, Tecnologia e Inovação, 2006, 73pp.
- PDM de Sines (2010) 'Regulamento - Plano Diretor Municipal de Sines'. Câmara Municipal de Sines. 23 de novembro de 2010, 12pp. Disponível em: http://www.sines.pt/cmsines/uploads/document/file/3115/PDM_-_Regulamento.pdf. Acedido em: janeiro 2019.
- PDM do Porto (2006) 'Regulamento - Plano Diretor Municipal do Porto'. Câmara Municipal do Porto. 3 de fevereiro de 2006. Disponível em: [https://balcaovirtual.cm-porto.pt/PT/cidadaos/guiatematico/PlaneamentoOrdenamento/Plano%20Diretor%20Municipal%20\(PDM\)/PDM%20%E2%80%93%20Em%20vigor/Paginas/default.aspx](https://balcaovirtual.cm-porto.pt/PT/cidadaos/guiatematico/PlaneamentoOrdenamento/Plano%20Diretor%20Municipal%20(PDM)/PDM%20%E2%80%93%20Em%20vigor/Paginas/default.aspx). Acedido em: janeiro de 2019.
- PDM do Seixal (2018) 'Regulamento - Plano Diretor Municipal de Lisboa'. Câmara Municipal do Seixal. Maio de 2018. 139pp. Disponível em: https://www.cm-seixal.pt/sites/default/files/documents/1510_reg_corr_mat_pdm.pdf. Acedido em: janeiro de 2019.
- PDML (2011) 'Regulamento - Plano Diretor Municipal de Lisboa'. Câmara Municipal de Lisboa. 31 de agosto 2012, 340pp.
- Pedron, F., Dalmolin, R., Azevedo, A., Kaminski, J (2004) 'Solos urbanos'. Ciência Rural. set-out 2004, 1653pp.
- Petts, N. (1997) 'Building Growth on Core Competences - A Practical Approach'. Long Range Planning. Elsevier Science Ltd, 30(4), 561pp.
- pordata (2015) 'População Residente: total e por grandes grupos etários'. Base de dados Portugal contemporâneo. Disponível em: <https://www.pordata.pt/Municipios/População+residente+total+e+por+grandes+grupos+etários-390>. Acedido em: julho 2018.
- Portaria n.º 187/2007 de 12 de fevereiro. Diário da República n.º 30/2007, Série I. Ministério do Ambiente, do Ordenamento do Território e do Desenvolvimento Regional. Lisboa.
- PPN (2014) 'Aterro Sanitário de Beirilol'. Portal do Parque das Nações'. 2014. Disponível em: <http://www.portaldasnacoes.pt/item/solos-das-petroliferas-aterro-sanitario-de-beirilol/>. Acedido em: abril de 2018.
- Santos Oliveira, J., Farinha, J., Matos, J., Rosa, C., Machado, M., Daniel, F., Martins, L., Leite,

M. (2002) 'Diagnóstico Ambiental das Principais Areas Mineiras Degradadas do País', 39(2), 85pp.

SG&CLEAN (2014) 'A common ground for clean soil - Mapping of the Danish soil and groundwater remediation sector'. State of Green & CLEAN. CLEAN, versão 1.0, 21pp. Disponível em: <https://stateofgreen.com/en/uploads/2015/09/A-common-ground-for-clean-soil.pdf>. Acedido em: janeiro 2019.

Sharma, H., Reddy, K. (2004) 'Geoenvironmental Engineering: site remediation, waste containment, and emerging waste management technologies'. John Wiley & Sons, inc. 2004, 967pp.

Anexos

Anexo I - Passos a executar para o processo de cálculo de Risco em SIG

Anexo II - Metodologia detalhada para a avaliação do risco de contaminação em meio urbano (para as etapas 1 e 2).

Anexo III - Exemplo de ficheiro para entrada de dados em SIG

Anexo IV - LER atribuídos a cada tipologia de atividade

Anexo I - Passos a executar para o processo de cálculo de Risco em SIG

1º Passo - Buffer de 25 metros

- Aplicação de um *buffer* de 25 m a todas as potenciais fontes de contaminação.

2º Passo - Converter as classes de perigosidade para Raster

- Permite a aplicação de outras funções SIG, como a extração de valores.

3º Passo - Extrair classes através de “Extract by attributes”

- Deve-se extrair as classes 0, 1, 2 e 3, até se se encontrarem separadas.

4º Passo - Reconverter para vetorial

- Permite utiliza funções específicas no SIG, como juntar, separar, apagar.

5º Passo – Merge das classes separadas

- Permite a junção da diferentes classes e características da mesma, numa só imagem.

6º Passo – Utilizar a função “Erase”

- Esta função permite a eliminação da sobreposição de classes de mapas diferentes. Por exemplo, se existir um “*shapefile*” com perigosidade de indústrias e outro de aterros, que se cruzam num ponto, evita-se a sobreposição destes.

7º Passo - Merge do resultado do passo anterior

- Permite a junção de diferentes “*shapefiles*” não sobrepostos.

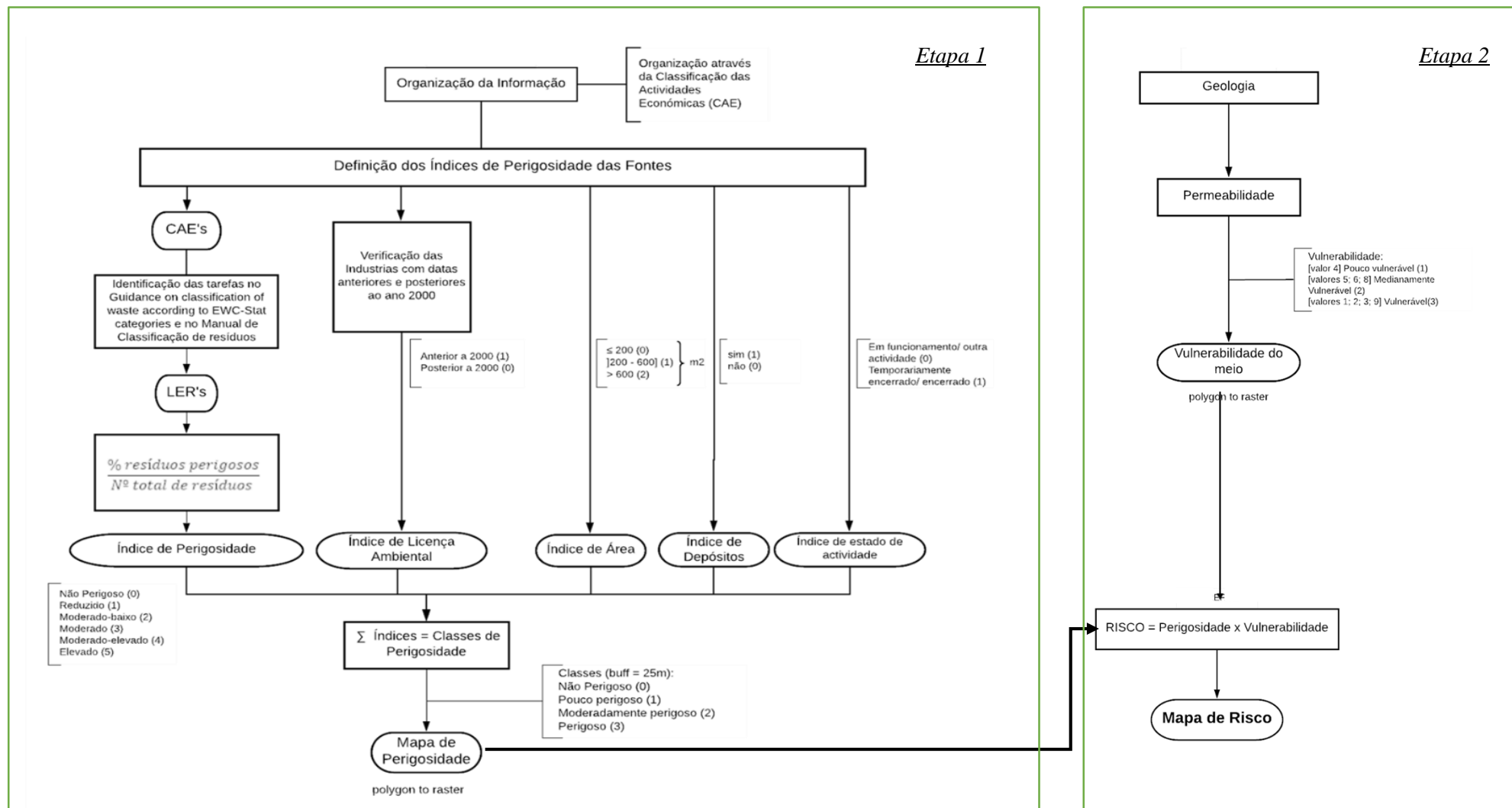
8º Passo - Mudança para Raster

- Permite efetuar operações matemáticas e/ou outras operações.

9º Passo – Cálculo do Risco / Obtenção do mapa de Risco

- Aplicação da função matemática “*Times*” de forma a calcular o produto entre o ficheiro que traduz o perigo e o que traduz a vulnerabilidade.

Anexo II - Metodologia detalhada para a avaliação do risco de contaminação em meio urbano (para as etapas 1 e 2)



Anexo III - Exemplo de ficheiro para entrada de dados em SIG

#	PP	LA	EA	A	Dp	SCP	CP
770	4	1	1	1	0	7	3
771	1	1	0	0	0	2	1
772	2	1	1	1	0	5	3
773	4	1	1	1	0	7	3
774	4	1	1	1	0	7	3
775	2	1	0	1	0	4	2
776	0	1	1	1	0	3	0
777	3	1	1	0	0	5	3
778	1	1	0	1	0	3	2

Legenda:

- # - número de identificação da atividade;
- PP – Índice de perigosidade potencial;
- LA – Índice de Licença ambiental;
- EA – Índice de Estado de atividade;
- A – Índice de área;
- Dp – Índice de depósitos inflamáveis;
- SCP – somatório dos índices;
- CP – Classe de perigosidade potencial a que indústria pertence;
- SI – sem informação.

Anexo IV - LER atribuídos a cada tipologia de atividade

Tipologia das atividades	capítulos LER atribuídos como potenciais resíduos
Alimentar	01 01 02; 01 03 06
Construção e afins	10 11, 19 12 05
	12 01, 19 12 02, 19 12 03, 19 12 12, 19 12 13*
	03 01, 03 02, 20 01 37*, 20 01 38
	14 06 02*, 14 06 03*, 20 01 29*, 20 01 30
	10 07, 10 08, 10 09, 10 10
	16 02, 20 01 35*, 20 01 36, 20 01 23
	10 03, 10 10, 11 01, 12 01, 17 04
	03 01, 04 01, 04 02, 19 12 08
	10 02, 10 03, 11 01, 12 01, 17 04
	13 02; 13 03; 13 07; 16 01; 16 02; 16 05; 16 07; 16 08;
	13 02; 13 03; 13 07; 16 01; 16 02; 16 05; 16 08;
	08 01; 13 02; 13 03; 13 07; 16 01; 16 02; 16 05; 16 07 e 16 08
	08 01, 13 02, 13 03, 13 07, 16 01, 16 02, 16 05, 16 07, 16 08
	10 12
	17 04
	17 02 03
	07 06, 07 07
	03 01, 04 01, 04 04, 19 12 08
Drogarias e afins	14 06 02*, 14 06 03*, 20 01 29*, 20 01 30
	HP3 - Inflamável
	16 02, 20 01 35*, 20 01 36, 20 01 23
	03 03, 08 03, 09 01, 20 01 17
	03 03, 09 12 01, 20 01 01
	13 02, 13 03, 13 07, 16 01, 16 02, 16 05, 16 07, 16 08
	10 12
	03 01 para madeira/ 04 01, 04 02, 19 12 08 para têxteis
	07 06, 07 07
	10 07, 10 08, 10 09, 10 10
Outras industrias	04 01, 04 02, 19 12 08
	03 03, 08 03, 09 01, 20 01 17
	13 02, 13 03, 13 07, 16 01, 16 02, 16 05, 16 07, 16 08
	10 07, 10 08
	10 07
	04 02
	04 01, 19 12 08
	10 07, 10 08, 10 09, 20 01 17
	13 02; 13 03; 13 07; 16 01; 16 02; 16 05; 16 07; 16 08;
	12 01, 19 12 02, 19 12 03, 19 12 12, 19 12 13*
Postos de abastecimento	13 02, 13 03, 13 07, 16 01, 16 02, 16 05, 16 07, 16 08
Reparação de veículos	16 02, 20 01 35*, 20 01 36, 20 01 23
	13 02, 13 03, 13 07, 16 01, 16 02, 16 05, 16 07, 16 08
	13 02; 13 03; 13 07; 16 01; 16 02; 16 05; 16 08;
	03 01 e 03 02 e 20 01 37* e 20 01 38
	08 01, 13 02, 13 03, 13 07, 16 01, 16 02, 16 05, 16 07, 16 08
	14 06 02*, 14 06 03*, 20 01 29*, 20 01 30